

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologias
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Quantificação de metais em resíduos para valorização
energética**

Ana Frederica Basso Lopes Pernes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária.

Orientadora: Prof. Doutora Ana Isabel Espinha da Silveira

Lisboa

2008

Ao Paulo e aos meus pais (Maria Laura e Manuel)

AGRADECIMENTOS:

À Professora Doutora Ana Isabel Espinha da Silveira, Orientadora da Dissertação, por todo o esforço e empenho que dedicou a este trabalho, tornando-o assim possível, pela disponibilidade, pela compreensão e pelo acompanhamento que prestou.

À Engenheira Maria José Correia, pelo acompanhamento em toda a parte experimental, pela paciência, compreensão e disponibilidade que teve durante todo o trabalho.

À AMARSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A., pela disponibilização das instalações. Um agradecimento especial, à equipa de triadores e restantes operários da estação de triagem do embalão de Palmela e da Estação de Tratamento Mecânico e Biológico de Setúbal pela pronta ajuda na execução das recolhas das amostras necessárias.

À Professora Doutora Ana Amaro, do ISG, pelos esclarecimentos prestados.

Às colegas de trabalho, Diana, Inês, Mafalda e Misael, pelo esforço incalculável, pela amizade e pelo companheirismo, que demonstraram no decorrer deste trabalho

À minha família e amigos pelo apoio incondicional, em especial ao meu namorado (Paulo) e aos meus pais (Maria Laura e Manuel) pela paciência e inspiração contínuas.

A todos os colegas de curso, que me acompanharam no decorrer do percurso académico, em especial à Sandra, Vera, Vânia, Magui e novamente à Diana.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Este trabalho tem como objectivo a quantificação de metais (Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Crómio, Estanho, Níquel, Potássio, Selénio, Sódio, Antimónio, Vanádio, Zinco e Mercúrio), em resíduos com potencial para valorização energética, em particular o refugo da estação de triagem do embalão de Palmela e o rejeitado do TMB da Central de Setúbal.

A partir destes resíduos pode produzir-se RDF que é um combustível heterogéneo e de elevado PCI, que é utilizado em diversos países Europeus, como a Alemanha, a Itália e a Holanda como combustível alternativo.

Este tipo de combustível tem especial pertinência devido ao Protocolo de Quioto e à Directiva das Energias Renováveis, que sugerem a substituição dos combustíveis fósseis. Assim, indústrias como cimenteiras, produtoras de gesso, termoeléctricas entre outras podem fazer uso destes combustíveis de forma a cumprir alguns dos requisitos exigidos nestes documentos.

Neste trabalho estudou-se o comportamento dos resultados dos metais relativamente à distribuição Normal, e sempre que possível, associaram-se intervalos com 95% de confiança para as médias, e fez-se uma comparação final entre os dois resíduos estudados.

Seguidamente, fez-se a comparação dos valores das médias e dos máximos obtidos para os metais, com a Norma CEN/TC 343, com as Normas da Secil, EURITS, Alemanha, Finlândia, Itália e Suécia.

Verificaram-se incumprimentos em todas as Normas estudadas, para ambos os resíduos, com excepção da Norma CEN/TC 343 e da Norma da Finlândia, segundo as quais estes resíduos podem ser usados na produção de RDF.

ABSTRACT

The aim of this work is the determination of metals (Aluminium, Barium, Cadmium, Lead, Cobalt, Copper, Chromium, Tin, Nickel, Potassium, Selenium, Sodium, Antimony, Vanadium, Zinc and Mercury), in waste with energetic valorization potential, that comes from the refuse originated in the operation of manual sorting of packaging material in Palmela Central and the refuse produced on MBT in Setúbal Central.

From these wastes can produce RDF that is a mixed fuel with high calorific value, which is used in several European countries, such as Germany, Italy and the Netherlands as an alternative fuel.

This type of fuel has particular relevance due to the Kyoto Protocol and the Renewable Energy Directive, which suggest the replacement of fossil fuels. Thus, industries such as cement, gypsum-producing, among other thermal can make use of these fuels in order to meet some of the requirements in these documents.

This work studies the behavior of the results on the proximity to the Normal distribution, and where possible, intervals is associated with 95% confidence for the medium, and it was made a comparison between the two waste studied.

Subsequently, it was made a comparison of the average values obtained and the maximum for metals, with the standard CEN / TC 343, Secil, EURITS, Germany, Finland, Italy and Sweden.

There were failures with all studied standards for both waste, with the exception of standard CEN / TC 343 and the standard of Finland, which this waste can be used in the production of RDF.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

RDF – *Refuse Derived Fuel*;

SRF – *Solid Recovered Fuel*;

PDF – *Plastic Derived fuel*;

PPF – *Paper and Plastic Fuel*;

TMB – Tratamento Mecânico e Biológico;

PCI – Poder Calorífico Inferior;

CEN – Comité Europeu de Normalização;

EURITS – *European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special Waste*;

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos;

Al - Alumínio

Ba – Bário;

Cd – Cádmio;

Pb – Chumbo;

Co – Cobalto;

Cu – Cobre;

Cr – Crómio;

Sn – Estanho;

Ni – Níquel;

K – Potássio;

Se – Selénio;

Na – Sódio;

Sb – Antimónio;

V – Vanádio;

Zn – Zinco;

Hg – Mercúrio.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Refuse Derived Fuel (RDF).....	3
2.2 Tratamento Mecânico e Biológico	11
2.3 Triagem do fluxo de resíduos depositados no embalão	13
2.4 Valorização de RDF em cimenteiras.....	15
2.5 Os metais e o SRF.....	19
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 Recolha e tratamento das amostras.....	27
3.1.1 Refugo do embalão.....	27
3.1.2 Rejeitado do TMB.	31
3.2 Métodos Analíticos.....	37
3.3 Comparação dos valores limite das várias Normas.....	40
3.4 Tratamento dos Resultados	44
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	47
4.1 Refugo do embalão.....	47
4.2 Rejeitado do TMB.	62
4.3 Análise comparativa entre o refugo do embalão e o rejeitado do TMB.....	75
5. Síntese dos Resultados Obtidos	79
6. CONCLUSÕES.....	83
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	85
ANEXO A – Resultados da Caracterização Físico-Química.....	89
ANEXO B – Resultados dos Metais	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Centro de Triagem de resíduos do embalão da AMARSUL de Palmela.....	27
Figura 3.2. Colocação do <i>Big-Bag</i>	28
Figura 3.3 Linha de Triagem.	29
Figura 3.4 Big-Bag, cheio no final da recolha.	29
Figura 3.5 Processo de trituração.	30
Figura 3.6 Recolha de amostras com o método dos quartos.	31
Figura 3.7 Central de Tratamento Mecânico e Biológico.	32
Figura 3.8 Plataforma de descarga de RSU.....	33
Figura 3.9 Cabine de triagem de vidro.	33
Figura 3.10 Linha de triagem dos rejeitados do crivo de 120mm.	34
Figura 3.11 <i>Big-Bags</i> , cheios no final da recolha.	34
Figura 3.12 Amostra triturada a 20mm.....	35
Figura 3.13 Digestão a quente das amostras.....	39
Figura 3.14 Comparação dos valores das Normas CEN e EURITS em termos de PCI.....	40
Figura 3.15 Comparação dos valores das Normas CEN e de Itália em termos de PCI.	41
Figura 3.16 Comparação dos valores das Normas EURITS e de Itália em termos de PCI, Cinzas, Zinco, Chumbo, Cobre e Crómio.....	41
Figura 3.17 Comparação dos valores das Normas CEN e da Suécia em termos de PCI.....	42
Figura 3.18 Comparação dos valores das Normas EURITS e da Suécia em termos de PCI, Selénio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Crómio, Estanho, Antimónio e Vanádio.....	42
Figura 4.19 Humidade no refugo do embalão.	47
Figura 4.20 PCI no refugo do embalão.	48
Figura 4.21 Cinzas no refugo do embalão.	48
Figura 4.22 - Alumínio no refugo do embalão.	49
Figura 4.23 Bário no refugo do embalão.	49
Figura 4.24 Cádmio no refugo do embalão.	50
Figura 4.25 Chumbo no refugo do embalão.	50

Figura 4.26 Cobalto no refugo do embalão.	51
Figura 4.27 Cobre no refugo do embalão.	51
Figura 4.28 Crómio no refugo do embalão.	52
Figura 4.29 Estanho no refugo do embalão.	52
Figura 4.30 Níquel no refugo do embalão.	53
Figura 4.31 Potássio no refugo do embalão.	53
Figura 4.32 Selénio no refugo do embalão.	54
Figura 4.33 Sódio no refugo do embalão	54
Figura 4.34 Antimónio no refugo do embalão.	55
Figura 4.35 Vanádio no refugo do embalão.	55
Figura 4.36 Zinco no refugo do embalão.	56
Figura 4.37 Mercúrio no refugo do embalão.	56
Figura 4.38 Humidade no refugo do TMB.	62
Figura 4.39 PCI no rejeitado do TMB.	62
Figura 4.40 Cinzas no rejeitado do TMB.	63
Figura 4.41 Alumínio no rejeitado do TMB.	63
Figura 4.42 Bário no rejeitado do TMB.	64
Figura 4.43 Cádmio no rejeitado do TMB.	64
Figura 4.44 Chumbo no rejeitado do TMB.	65
Figura 4.45 Cobalto no rejeitado do TMB.	65
Figura 4.46 Cobre no rejeitado do TMB.	66
Figura 4.47 Crómio no rejeitado do TMB.	66
Figura 4.48 Estanho no rejeitado do TMB.	67
Figura 4.49 Níquel no rejeitado do TMB.	67
Figura 4.50 Potássio no rejeitado do TMB.	68
Figura 4.51 Sódio no rejeitado do TMB.	68
Figura 4.52 Antimónio no rejeitado do TMB.	69

Figura 4.53 Vanádio no rejeitado do TMB.....	69
Figura 4.54 Zinco no rejeitado do TMB.	70
Figura 4.55 Mercúrio no rejeitado do TMB.	70
Figura 4.56 Teores dos parâmetros físico-químicos do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.....	75
Figura 4.57 Teores em metais no refugo do embalão e no rejeitado do TMB. (Alumínio, Potássio, Sódio e Zinco)	76
Figura 4.58 Teores em metais no refugo do embalão e no rejeitado do TMB. (Bário, Chumbo, Cobalto, Crómio, Estanho, Níquel e Antimónio).....	76
Figura 4.59 Teores em metais no refugo do embalão e no rejeitado do TMB. (Cádmio, Vanádio e Mercúrio).....	77
Figura 4.60 Teor de Cobre no refugo do embalão e no rejeitado do TMB.....	77

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 Normas de qualidade de RDF adoptadas em alguns países europeus.	5
Quadro 2.2 Especificações CEN/TS 343, Secil e EURITS para SRF.	6
Quadro 2.3 Operações e equipamentos para o processo de produção de SRF (Glorius <i>et al.</i> , 2003).	7
Quadro 2.4 Categorias de impactes negativos e poluentes associados ao fabrico e consumo de RDF (Adaptado de Gendebien <i>et al.</i> , 2003).	9
Quadro 2.5 Quantidades de refugo e de resíduos provenientes de instalações de TMB (Martinho e Pires, 2006).	12
Quadro 2.6 Composição do refugo do embalão (Adaptado de Pires, 2006).	13
Quadro 2.7 Quantidade de refugos produzidos nas Estações de Triagem nos anos de 2003 e 2004. (Martinho e Pires, 2006).	14
Quadro 2.8 Tipos e quantidades de resíduos utilizados como combustíveis em cimenteiras na UE (Adaptado de Gendebien <i>et al.</i> , 2003).	15
Quadro 2.9 Quantidades de RDF utilizadas nas cimenteiras, por país. (Adaptado de Gendebien <i>et al.</i> , 2003)	16
Quadro 2.10 Fontes de metais nos RSU (Adaptado de Vassilev e Braekman-Danheux, 1999)	19
Quadro 2.11 Composição inorgânica do RDF (Adaptado de Ollila <i>et al.</i> , 2006).	21
Quadro 2.12 Balanço mássico de alguns metais nos fornos de cimenteiras. (Adaptado de Formosinho <i>et al.</i> , 2000)	23
Quadro 2.13 PCI, Humidade e Concentrações de Metais nos refugos e rejeitados provenientes das instalações da Tratolixo (Adaptado de. Ribeiro, 2007).	24
Quadro 3.14 Datas das campanhas e quantidades amostradas do refugo do embalão.	27
Quadro 3.15 Resíduos removidos do refugo do embalão.	30
Quadro 3.16 Datas das campanhas e quantidades amostradas do rejeitado do TMB.	32
Quadro 3.17 Resíduos removidos do rejeitado do TMB.	35
Quadro 4.18 Teste à aproximação à distribuição Normal, para o refugo do embalão.	57
Quadro 4.19 Conformidade das médias do refugo do embalão com as Normas de qualidade.	58

Quadro 4.20 Conformidade dos máximos do refugo do embalão com as Normas de qualidade.	59
Quadro 4.21 Comparação da mediana dos valores registados com a Norma Alemã.	60
Quadro 4.22 Comparação com os valores obtidos pela Tratolixo.	61
Quadro 4.23 Teste à aproximação à distribuição Normal, para o rejeitado do TMB.	71
Quadro 4.24 Conformidade das médias do rejeitado do TMB com as Normas de qualidade.	72
Quadro.4.25 Comparação da mediana dos valores registados com a Norma Alemã.	73
Quadro 4.26 Comparação com os valores obtidos pela Tratolixo.	73
Quadro 5.27 Principais resíduos que contribuem para as concentrações dos metais problemáticos. (Adaptado de Vassilev e Braekman-Danheux, 1999)	80

1. INTRODUÇÃO

O objectivo deste estudo é a quantificação dos metais presentes nos refugos resultantes da triagem dos resíduos depositados nos embalões, processados na estação de triagem da AMARSUL, localizada em Palmela e do rejeitado da estação de Tratamento Mecânico e Biológico de Setúbal, para posterior produção de RDF ou SRF. Os metais estudados foram, o Alumínio, o Bário, o Cádmio, o Chumbo, o Cobalto, o Cobre, o Crómio, o Estanho, o Níquel, o Potássio, o Selénio, o Sódio, o Antimónio, o Vanádio, o Zinco e o Mercúrio.

O termo SRF vem do inglês, *Solid Recovered Fuel*, e designa um combustível sólido com origem em resíduos (Archer *et al*, 2005), é um combustível heterogéneo com um elevado poder calorífico (Dunnu *et al*, 2006). Pode ser classificado quanto à sua origem, e quanto à forma que adquire durante o processo de produção. Assim, quanto à origem classificam-se como PDF (*plastic derived fuel*, como o nome indica é fabricado a partir de plásticos) e PPF (*paper and plastic fuel*, produzido a partir de plástico e cartão). Quanto à forma, pode ser denominado de *Fluff*, quando é um material solto e com baixa densidade, *Pellets*, quando é um aglomerado de material solto, que adquire a forma de cubo, disco ou cilindro e *Briquette*, quando também resulta da aglomeração de material solto, mas com a forma de bloco (Dias *et al*, 2006).

São vários os sistemas de classificação e normalização de RDF na Europa; no entanto houve a necessidade de criar uma norma europeia, a Norma CEN/TC 343, elaborada pelo Comité Europeu de Normalização (Martinho e Pires, 2006). Esta Norma elege três parâmetros fundamentais para a caracterização do SRF: o PCI, o Cloro e o Mercúrio (CEN 15359:2006).

Este combustível poderá ser utilizado em cimenteiras, indústrias produtoras de gesso, termoeléctricas entre outro tipo de indústrias, em substituição de combustíveis fósseis como por exemplo o carvão.

Estes combustíveis começam a ter uma elevada importância devido a documentos como o Protocolo de Quioto e a Directiva das Energias Renováveis, que encorajam a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis alternativos (Garg *et al*, 2007).

Um dos tratamentos de resíduos onde mais facilmente se introduz uma linha de produção de RDF é o Tratamento Mecânico e Biológico (Martinho e Pires, 2006).

Para Hong *et al.* (2006), o TMB é um processo de pré-tratamento de resíduos, que é sempre seguido de compostagem, incineração e aterro. Desde 1970, o TMB, tem vindo a ter um aumento exponencial na Europa, em especial em países como a Alemanha, Áustria, Itália e Reino Unido. Este tratamento promove a diminuição de volume dos RSU, estabilizando a matéria orgânica e recuperando os recicláveis.

Assim, os principais objectivos do TMB são a produção de combustível e a redução de substâncias perigosas (Rotter *et al.*, 2004).

Outro processo de aproveitamento de resíduos para a produção de RDF é através da utilização dos rejeitados após a triagem dos resíduos depositados no embalão. Em países Europeus como a Áustria, a Alemanha e a Holanda, produz-se RDF a partir deste tipo de materiais, uma vez que a sua qualidade é superior ao proveniente de outros de fluxos de resíduos (Gendebien *et al.*, 2003).

São várias as utilizações possíveis do RDF, no entanto, é particularmente pertinente a sua utilização em cimenteiras, devido ao consumo de energia neste tipo de indústria.

Apesar disto as indústrias produtoras de cimento, estão bastante relutantes sobre a sua utilização, devido a potenciais impactes na qualidade final do seu produto. Isto implica que o combustível a utilizar deva cumprir alguns requisitos, nomeadamente no que diz respeito ao PCI, aos metais pesados e ao cloro (Martinho e Pires, 2006).

Quanto às emissões prováveis, o estudo efectuado por Harfner e Weihs (1998), mostra que a queima de plástico não reciclável, não altera significativamente a qualidade das emissões daí resultantes.

No entanto, a incineração deste material produz sempre emissões que podem ser fontes de substâncias poluentes, como é o caso de metais como o Crómio, Cobre, Cádmio, Mercúrio, entre outros (Vassilev e Braekman-Danheux, 1999).

As fontes de metais nos RSU são diversas, e cada uma delas pode contribuir para um ou para vários metais. Desta forma, sabe-se que o plástico e o papel são fontes de Alumínio, Bário, Crómio, Cobre, Chumbo e Zinco; a fracção metálica é rica em Cobalto, Crómio, Cobre, Níquel e Vanádio; já o Mercúrio vem de fontes como baterias usadas, fungicidas, tintas, termómetros, componentes electrónicos e lâmpadas fluorescentes (Vassilev e Braekman-Danheux, 1999).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Refuse Derived Fuel* (RDF)

O RDF é um combustível alternativo identificado apenas pela sua origem e pelo seu destino final, tendo por isso uma composição química bastante variável (Martinho e Pires, 2006).

Segundo Martinho e Pires (2006), e ao contrário do que acontece com o RDF, o SRF tem um conjunto de parâmetros físico-químicos regulados por Normas de qualidade. Estes parâmetros são o PCI, Humidade, Cinzas, Cloro, Cádmio, Mercúrio, Arsénio, Cobalto, Crómio, Cobre, Manganês, Níquel, Chumbo, Antimónio e Vanádio.

O SRF vem do inglês *Solid Recovered Fuel*, que é um combustível sólido, cuja matéria-prima são os resíduos não perigosos. Será utilizado segundo os requisitos de classificação preconizados na especificação técnica CEN/TS 15359:2006, para a recuperação de energia em instalações de incineração e co-incineração (Archer *et al.*, 2005).

Segundo Gendebien *et al.* (2003), não existe uma definição para o termo *Refuse Derived Fuel* (RDF). Esta definição depende onde está a ser aplicada. Desta forma, em Itália, o termo RDF derivado do Inglês é utilizado desde 1998 com a tradução “*Combustibili Derivato di Rifiuti – CDR*”. Na Holanda, o termo RDF é utilizado para diferenciar o uso da biomassa dos fluxos de resíduos com elevado poder calorífico. No Reino Unido o termo RDF refere-se às fracções de papel, cartão e plásticos, processadas a partir de RSU ou de resíduos industriais, com potencial para queima em centrais dedicadas para obtenção de energia. Na Áustria e na Alemanha o termo “*Brennstoff aus Müll – BRAM*” é equivalente ao termo inglês RDF. Na Finlândia o termo “REF” é usado para definir os resíduos domésticos, com determinada qualidade. Na Suécia os termos “*Specialbränsle A*” e “*Lattbränsle*” são utilizados para definir combustíveis produzidos a partir de resíduos, e segundo as especificações de cimenteiras.

O SRF é um combustível que resulta de uma mistura bastante heterogénea, com um poder calorífico elevado, obtida a partir de uma fracção de resíduos não perigosos, com potencial para serem queimados em fornos de indústrias e de centrais termoeléctricas. (Dunnu *et al.*, 2006). Apesar disto, e segundo Grag *et al.* (2007), o SRF é um combustível mais homogéneo do que o RDF. Este último tem sido bastante utilizado em fornos industriais.

Os termos Combustível Secundário, Combustível de Substituição e Combustível Líquido de Substituição são utilizados para referir resíduos industriais, como pneus ou solventes, que

são compatíveis com os parâmetros de qualidade de alguns processos específicos (Gendebien *et al.*, 2003).

Quanto à forma e de acordo com Dias *et al.*, 2006, o RDF pode ser classificado como:

- *Fluff* – material solto, de baixa densidade, que tem a característica de ser transportável pelo ar;
- *Pellets* – produzido por aglomeração de material solto em cubo, disco ou cilindro; o diâmetro ou seu equivalente é geralmente inferior a 25 mm;
- *Briquette* – bloco ou cilindro produzido por aglomeração de material solto; o diâmetro ou seu equivalente é superior a 25mm.

Estes mesmos autores também classificam o SRF quanto à sua origem, como por exemplo o PDF (*plastic derived fuel*) que é produzido a partir de plástico, e o PPF (*papper and plastic fuel*) feito a partir de papel e plástico. Estas designações não são aplicadas ao SRF produzido a partir de RSU.

A discussão acerca das características e das Normas de qualidade associadas aos resíduos para produção de combustíveis tem sido conduzida pelos produtores e potenciais consumidores de RDF e pelas respectivas autoridades. Assim, como resultado de interesses distintos, as sugestões para valores apontados como Normas para a qualidade deste produto, são bastante distintas. (Rotter *et al.*, 2004)

Já existem em vários países Normas de qualidade, como é o exemplo da Alemanha, Finlândia, Itália e Suécia (Quadro 2.1), mas apesar disto, houve a necessidade de elaborar uma Norma europeia pelo Comité Europeu de Normalização, que criou a comissão científica CEN/TC 343: Solid Recovered Fuels, para alterar a imagem do SRF, de resíduo para produto (Martinho e Pires, 2006). Os limites desta Norma, bem como os da Secil e da EURITS (*European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special Waste*), encontram-se no Quadro 2.2.

Quadro 2.1 Normas de qualidade de RDF adoptadas em alguns países europeus.

Parâmetro (peso seco)	Alemanha ³⁾	Finlândia ⁴⁾			Itália ³⁾		Suécia ³⁾
	Mediana	Classe I	Classe II	Classe III	Standard	High Quality	
PCI ¹⁾ (MJ/kg)	-	-	-	-	>15	>19	23,9 – 31,4
Humidade (%)	-	-	-	-	<25	-	<10
Cinzas (%)	-	-	-	-	<20	-	-
Al (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Ba (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Cd (ppm)	4	<1,0	<4,0	<5,0	-	-	<5
Pb (ppm)	70	-	-	-	200	-	<50
Co (ppm)	6	-	-	-	-	-	<50
Cu (ppm)	120	-	-	-	300	-	<50
Cr (ppm)	40	-	-	-	100	-	<50
Sn (ppm)	-	-	-	-	-	-	<50
Ni (ppm)	25	-	-	-	40	-	<50
K (%)	-	<0,2	<0,4	<0,5	-	-	-
Se (ppm)	3	-	-	-	-	-	<5
Na (%)	-	<0,2	<0,4	<0,5	-	-	-
Sb (ppm)	25	-	-	-	-	-	<5
V (ppm)	10	-	-	-	-	-	<50
Zn (ppm)	-	-	-	-	500	-	-
Hg (ppm)	0,6	<0,1	<0,2	<0,5	-	<0,045	Hg/TI <5

1) Estes parâmetros estão em peso húmido.

2) Na Humidade não se aplica a designação peso húmido ou peso seco.

3) Gendebien *et al.* (2003)4) Glorius *et al.* (2003)

Quadro 2.2 Especificações CEN/TS 343, Secil e EURITS para SRF.

Parâmetro (peso seco)	CEN/TS 343 ⁵⁾					Secil	EURITS ⁶⁾
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5		
PCI ¹⁾ (MJ/kg)	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3	-	15
Humidade (%)	-	-	-	-	-	10	-
Cinzas (%)	-	-	-	-	-	-	5
Al (ppm)	-	-	-	-	-	25000	-
Ba (ppm)	-	-	-	-	-	2000	-
Cd (ppm)	-	-	-	-	-	50	-
Pb (ppm)	-	-	-	-	-	200	200
Co (ppm)	-	-	-	-	-	20	200
Cu (ppm)	-	-	-	-	-	150	200
Cr (ppm)	-	-	-	-	-	100	200
Sn (ppm)	-	-	-	-	-	50	200
Ni (ppm)	-	-	-	-	-	100	-
K (ppm)	-	-	-	-	-	5000	-
Se (ppm)	-	-	-	-	-	5	10
Na (ppm)	-	-	-	-	-	5000	-
Sb (ppm)	-	-	-	-	-	300	10
V (ppm)	-	-	-	-	-	100	200
Zn (ppm)	-	-	-	-	-	1500	500
Hg ¹⁾ (ppm)	<0,02 ²⁾	<0,03 ²⁾	<0,08 ²⁾	<0,15 ²⁾	<0,5 ²⁾	5	2 ³⁾

1) Estes parâmetros estão em peso húmido. No Hg, isto só se verifica para a classificação da CEN TS 343.

2) Estes limites referem-se a medianas.

3) Corresponde ao valor de Hg+ TI.

4) Na Humidade não se aplica a designação peso húmido ou peso seco.

5) CEN/TS 15359:2005

6) Gendebien *et al.* (2003)

7) Os parâmetros da Secil são para RDF e os da CEN e da EURITS são para SRF.

O sistema de classificação de SRF tem por base três parâmetros; um económico, o PCI, um técnico, o Cloro, e um ambiental, o Mercúrio. (CEN 15359:2006) Como referido anteriormente, estes são, os parâmetros encontrados para a normalização indicada pelo CEN.

Segundo Martinho e Pires (2006), existem várias operações no processo de produção de SRF. Cada uma destas operações necessita de equipamento específico, como pode ser observado no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 Operações e equipamentos para o processo de produção de SRF (Glorius *et al.*, 2003).

Operação	Equipamento
Secagem	Secador
Crivagem	Crivo
Redução de tamanho	Moinho de martelos
	Moinho de Cascata
	Cortadores rotativos
	Trituradores
Remoção de metais	Separador de metais ferrosos
	Separador de banda magnética
	Separador de corrente de Eddy
	Pulley magnético
	Separador de tambor magnético
	Separador de metais universal
Classificação/remoção	Classificador de ar
	Crivos de tambor (trommel)
	Crivos de oscilação linear e circular
	Crivos flip-flop
	Crivo de martelos
	Grades movediças
	Infravermelhos
	Recolha automática
	Classificador balístico

Quadro 2.3 (Continuação) Operações e equipamentos para o processo de produção de SRF
(Adaptado de Martinho e Pires, 2006).

Operação	Equipamento
Pelletização	Compactador/ <i>pelletizador</i>
	Prensa de cilindros
	Prensa de anel
	Condensador de discos
	Densificador
	Extrusor

No entanto, e de acordo com Dias *et al.* (2006), os principais processos de produção de RDF são: a separação mecânica e selecção de fluxos, a redução do tamanho das partículas, a secagem, homogeneização e densificação e o embalamento e armazenamento.

As instalações de produção de RDF podem receber material vindo do comércio e serviços, estações de triagem ou instalações de TMB. (Martinho e Pires, 2006)

No campo dos processos de tratamento é comum usar-se o rendimento energético e o balanço mássico, para avaliar o sucesso dos processos de tratamento. No entanto, o uso desses parâmetros é muito limitado em produtos heterogéneos como o RDF (Rotter *et al.*, 2004).

Os principais utilizadores deste tipo de combustíveis serão as instalações que utilizam carvão ou *petcoke* como combustível, como é o caso das cimenteiras e das produtoras de gesso (Mokrzycki e Uliasz-Bocheńczyk, 2003).

De acordo com Archer *et al.* (2005), também as centrais termoeléctricas utilizam este tipo de combustíveis, mas para estas a utilização de SRF está dificultada por condicionalismos tecnológicos, como a corrosão que ocorre nas caldeiras. Por este motivo, a utilização de SRF, nestas instalações, tem sido feita através da gaseificação deste combustível. Este processo acarreta custos elevados, pelo que, estão a decorrer estudos a nível europeu para melhorar a utilização deste combustível em centrais deste tipo.

No Quadro 2.4 é apresentada uma lista de impactes segundo os poluentes, libertados quer no processo de fabricação, quer no processo de queima do RDF.

Quadro 2.4 Categorias de impactes negativos e poluentes associados ao fabrico e consumo de RDF (Adaptado de Gendebien *et al.*, 2003).

Categorias de Impactes	Poluentes
Aquecimento Global	CO ₂ de origem fóssil, CH ₄ , N ₂ O
Smog	NOx, compostos orgânicos voláteis
Nitrificação	NH ₃ , NOx
Acidificação	SO ₂ , NOx, NH ₃ , HCl, HF
Toxicidade para os seres vivos	As, Cd, Cr, Ni, Dioxinas, Furanos, Hg, Pb
Consumo de recursos	Recursos energéticos fósseis (petróleo, gás...)

Os benefícios da recuperação de resíduos sob a forma de energia têm vindo a ser discutidos, uma vez que existe o perigo de restringir a reciclagem ou a compostagem, o que pode resultar assim num aumento das emissões poluentes (Garg *et al.*, 2007).

A Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Setembro de 2001, que aborda o tema das Energias Renováveis encoraja a utilização de combustíveis produzidos a partir de resíduos para cumprir os objectivos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto¹. Os países que assinaram este Protocolo têm o compromisso de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. (Garg *et al.*, 2007).

Experiências na Alemanha mostram que indústrias com grandes gastos de energia, como cimenteira, indústria de produção de pasta de papel, indústria química, e de produção de electricidade estão interessadas no uso de RDF, quer como co-combustível com tecnologias adaptadas, quer como mono-combustíveis em tecnologias específicas (Rotter *et al.*, 2004).

A composição ideal deste tipo de combustíveis consiste em plásticos, papel e cartão, embalagens, têxteis, madeira e matéria orgânica (Rotter *et al.*, 2004). Segundo Burnley (2006), durante os anos 70, no Reino Unido, iniciou-se um programa para a produção de RDF a partir de resíduos. Para isso foi necessário conhecer a composição dos resíduos a partir dos quais se pretende produzir este combustível. Neste estudo, chegou-se à conclusão de que a composição habitual dos RSU era:

- 35-38% de restos de cozinha e jardim;

¹ O Decreto n.º 7/2002 de 25-03-2002 aprova o Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, assinado em Nova Iorque em 29 de Abril de 1998.

- 23-25% de papel e cartão;
- 8-10% de plásticos;
- 6-7% de metais.

É difícil estimar os custos exactos para a produção de RDF, uma vez que não existe uma definição clara para este produto que provem de vários fluxos distintos, que apresentam diferentes custos associados. Também o facto de estar muitas vezes ligado à produção de composto, dificulta a separação dos custos de produção dos dois produtos. Assim, apenas se procedeu ao levantamento das operações unitárias que acarretariam maiores custos, sendo as operações de triagem manual, de redução de tamanho com moinhos de martelos e de secagem as mais dispendiosas (Dias *et al.*, 2006).

A produção de RDF é especialmente adequada a regiões de menor densidade populacional, em que pequenas unidades de produção poderão abastecer os potenciais utilizadores locais, particularmente em zonas sem rede de abastecimento de gás natural (Dias *et al.*, 2006).

2.2 Tratamento Mecânico e Biológico

O TMB é uma tecnologia de tratamento de RSU, que promove a sua estabilização. É utilizado em países como a Alemanha, a Itália, a Áustria e a Holanda. É um termo utilizado para definir um conjunto de processos de tratamento que têm como objectivo recuperar alguns metais e a energia provenientes dos resíduos. Deste tratamento resultam materiais como composto, combustível com um elevado poder calorífico (15-18 MJ/kg) e metais. Normalmente as fracções com um poder calorífico maior são o papel, o plástico e os têxteis. Assim, estes combustíveis têm potencial para utilização em indústrias com elevado consumo energético (Garg *et al.*, 2007).

O TMB é um dos tratamentos onde mais facilmente se coloca uma linha de produção de RDF, devido à sua concepção em módulos, onde facilmente se introduzem ou removem equipamentos (Martinho e Pires, 2006).

Segundo Hong *et al.* (2006), este é um processo com dois passos fundamentais: o tratamento biológico e o tratamento mecânico. A decomposição biológica ocorre normalmente num parque de maturação, onde o volume de resíduos é reduzido e é promovida a sua estabilização. Segue-se uma extracção mecânica, onde são separados metais, vidro, plásticos e contaminantes. Assim promove-se a recolha dos materiais recicláveis e garante-se uma maior homogeneidade do material para a produção de composto. Os rejeitados resultantes destes processos podem ser depositados em aterro ou convertidos em RDF para aproveitamento energético.

Segundo Rotter *et al.* (2004), os objectivos do tratamento mecânico e biológico são:

- Produzir combustível com potencial no seu mercado;
- Aproveitar o seu potencial energético;
- Reduzir a concentração de substâncias perigosas.

Martinho e Pires (2006), tendo por base o balanço de massas relativo às infra-estruturas de valorização orgânica que se encontravam em exploração em 2006, admitiram, uma produção de 75% de refugos, para o caso das infra-estruturas que processam RSU, e 20% para o caso das infra-estruturas que processam RSU de recolha selectiva. Partindo deste pressuposto e tendo em consideração as infra-estruturas que se encontravam previstas na Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados a Aterro (ENRRUBDA) estimaram para os anos 2006, 2009 e 2016, as quantidades de refugos e rejeitados provenientes de instalações de valorização orgânica e as correspondentes quantidades com potencial de valorização energética (Quadro 2.5).

Quadro 2.5 Quantidades de refugo e de resíduos provenientes de instalações de TMB (Martinho e Pires, 2006).

Ano	Rejeitados + refugos (t/ano)	Potencial para valorização energética (t/ano)
2006	312050	288050
2009	1641977	1617977
2016	1584851	1560851

Também para Gendebien *et al.* (2003), uma das melhores e mais baratas tecnologias para a produção de RDF é a partir do TMB de RSU. Este tratamento promove a separação de metais e de inertes, da fracção orgânica, que será estabilizada por um processo de compostagem.

A eficiência das tecnologias de separação está dependente da qualidade da matéria-prima utilizada, da distribuição dos elementos químicos e da energia dos componentes dos resíduos (Rotter *et al.*, 2004).

Segundo Grag *et al.* (2007), existem dois processos de TMB que podem produzir SRF a partir de RSU: O “Ecodeco” e o “Herhof” (*Stabilat*). Ambos implicam uma secagem biológica para estabilizar os RSU antes da separação através de processos mecânicos.

No sistema “Ecodeco” os resíduos triturados são estabilizados e transformados em material inodoro durante 12 a 15 dias por secagem biológica. Durante este processo a temperatura é mantida entre 50°C e 60°C. O sistema “Herhof” funciona segundo um princípio semelhante, onde os resíduos são estabilizados através da circulação de ar, por um período de 7 dias. (Garg *et al.*, 2007).

2.3 Triagem do fluxo de resíduos depositados no embalão

Em Portugal efectuou-se uma análise da caracterização física dos refugos resultantes da triagem do fluxo de resíduos depositados nos embalões processados na AMARSUL, no ao longo de 8 campanhas, e verificou-se que estes têm potencial para transformação em RDF e valorização energética (Martinho e Pires, 2006). Deste modo, e de acordo com os mesmos autores, as conclusões retiradas desta análise são as seguintes (Quadro 2.6):

- Os combustíveis não embalagens (cerca de 42% do refugo produzido) e os filmes sujos (cerca de 18%) são os componentes mais abundantes;
- Os filmes, embalagens de iogurte, embalagens de manteiga, entre outros, são fracções com elevado poder calorífico, cerca de 29MJ/kg, sofrendo este valor um decréscimo para 21MJ/kg, quando se retira a fracção combustíveis, não embalagens;
- A humidade obtida é baixa e dentro das Normas conhecidas.

Quadro 2.6 Composição do refugo do embalão (Adaptado de Pires, 2006).

Componente	Percentagem (%)
Brinquedos	1,0
Combustíveis não embalagem	41,6
Embalagens alimentares	7,5
Embalagens de plástico de gorduras alimentares líquidas e outras	3,9
Embalagens de plástico de gorduras alimentares sólidas/embalagens de iogurtes sólidos	2,4
Filmes	18,0
Filmes laminados	3,9
Fraldas	3,1
Madeira	0,4
Materiais não combustíveis	1,0
Plástico duro não embalagem	3,5
Plástico duro embalagem	0,3
PP	4,4
PVC	2,2
REEE	3,0

Quadro 2.6 (Continuação) Composição do refugo do embalão (Adaptado de Pires, 2006).

Componente	Percentagem (%)
Resíduos perigosos	1,1
Têxteis	2,5
Vidro/cerâmica	0,2
Total	100

Segundo os mesmos autores e tendo por base a análise do balanço de massa para este tipo de infra-estruturas, pode admitir-se que o conjunto de refugos produzidos é cerca de 20% do total processado. Assim, os valores de refugo obtidos para os anos de 2003 e 2004 encontram-se no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 Quantidade de refugos produzidos nas Estações de Triagem nos anos de 2003 e 2004. (Martinho e Pires, 2006)

Ano	Quantidade (ton)
2003	11185
2004	14569

Em países como a Áustria, a Alemanha e a Holanda, onde os níveis de separação e de reciclagem são elevados, também se promove a produção de RDF a partir de resíduos não recicláveis resultantes deste tipo de fluxo (Gendebien *et al.*, 2003).

Segundo os autores anteriores, o combustível resultante de refugos da triagem dos resíduos depositados no embalão, têm, normalmente qualidade superior ao RDF, produzidos a partir dos rejeitados do TMB, devido ao processo de separação que os primeiros resíduos sofrem.

2.4 Valorização de RDF em cimenteiras

Diferentes tipos de resíduos têm vindo a ser utilizados como fontes de combustíveis para produção energética. As características físicas e químicas variam de forma substancial, devido à sua composição ser bastante heterogénea. Normalmente consiste em papel, plástico, borracha, madeira, fibras e metais. Após a incineração, a parte inorgânica dos resíduos forma cinzas, partículas, sólidos voláteis, que podem libertar-se para a atmosfera; para além disto, podem formar-se aglomerações e corrosão nos equipamentos (Ollila *et al.*, 2006).

Um dos principais objectivos da Directiva 2000/76/EC sobre a Incineração de Resíduos, é aproximar os requisitos da incineração e da co-incineração. No entanto, continua a divergir em matéria de emissões; por exemplo, os limites para a emissão de partículas, NO_x e SO₂ são mais apertados para as incineradores, do que para os cimenteiras (Gendebien *et al.*, 2003).

Um ponto interessante nesta directiva é o facto de estabelecer os mesmos limites para a incineração e co-incineração de RSU não sujeitos a tratamento, não definindo o que realmente significa “não sujeitos a tratamento”. Este é um ponto que necessita de esclarecimento (Gendebien *et al.*, 2003).

De acordo com os mesmos autores, a indústria cimenteira tem grandes necessidades energéticas, sendo os combustíveis mais utilizados os de origem fóssil; no entanto outro tipo de combustíveis, como o RDF, começa a ser utilizado neste tipo de indústrias.

As quantidades de combustíveis alternativos utilizados nas cimenteiras dos países da comunidade europeia, antes do alargamento, são apresentadas no Quadro 2.8.

Quadro 2.8 Tipos e quantidades de resíduos utilizados como combustíveis em cimenteiras na UE
(Adaptado de Gendebien *et al.*, 2003).

Tipo de resíduos	Quantidade em 1997 (x10 ³ t/ano)	Quantidade em 2003 (x10 ³ t/ano)*
Pneus	413	496
RDF de origem doméstica	115	132
Lamas	81	99
Óleos Usados	446	<1140
Solventes e resíduos perigosos	592	(está incluído nos óleos usados)

Quadro 2.8 (Continuação) Quantidades de combustíveis utilizados na EU, em cimenteiras (Adaptado de Gendebien et al., 2003).

Tipo de resíduos	Quantidade em 1997 ($\times 10^3$ t/ano)	Quantidade em 2003 ($\times 10^3$ t/ano)*
Plásticos	71	85
Resíduos de papel	27	31
Resíduos de madeira	9	12
Outros	44	53
Total	1800	2050

*Na altura em que o documento que serve de referência a esta tabela foi redigido, estes valores eram uma previsão.

O processo de produção de cimento é um processo que exige um elevado consumo energético, cerca de 1,75MJ são necessários para produzir 1kg de *clinker*, chegando a ser necessários 3,2MJ, nas instalações mais modernas (Bolwerk, 2005).

Segundo Archer *et al.* (2005), este tipo de unidades fabris, mostraram-se relutantes quanto à substituição dos combustíveis tradicionais por RDF, sobretudo devido a potenciais impactes na qualidade do seu produto final. No entanto, e devido à competição com empresas utilizadoras deste combustível, rapidamente optaram pela sua utilização.

Assim, e de acordo com Gendebien *et al.* (2003), em Julho de 2003 o número de utilizadores por país e respectivas quantidades de RDF utilizadas, encontram-se no Quadro 2.9.

Quadro 2.9 Quantidades de RDF utilizadas nas cimenteiras, por país. (Adaptado de Gendebien et al., 2003)

País	Nº de utilizadores	Quantidade de RDF (t/ano)
Bélgica	1	15000
Dinamarca	1	2600
Itália	5	300000
Holanda	1	7000*

*Pellete produzidos a partir de refugos das unidades de triagem/reciclagem de plástico, papel e cartão

A produção de cimento envolve 4 passos fundamentais (Bolwerk, 2005):

- Preparação do material de mistura;
- Formação térmica do *clinker* no forno da cimenteira;

- Arrefecimento do *clinker*;
- Moagem e mistura com aditivos para melhorar a qualidade do cimento.

No que se refere ao processo de queima de combustíveis, normalmente ocorre um estágio de queima primária e um estágio de queima secundária. O primeiro, dá-se na zona menos elevada do forno rotativo, já o segundo localiza-se na extremidade oposta (Bolwerk, 2005).

Tendo em conta o descrito pelo autor anterior, este tipo de fornos (rotativos), criam condições favoráveis à utilização de combustíveis alternativos, com temperaturas elevadas, ambiente alcalino, atmosfera oxidante, grande superfície de troca, boa mistura entre gases e produtos e tempo de retenção.

Nas cimenteiras, o tratamento dos resíduos não necessita de outra fonte de calor, ao contrário do que acontece nos incineradores, não ocorre aumento de emissões para a atmosfera e é economicamente mais viável adaptar um forno de cimenteira do que construir uma nova incineradora (Mokrzycki e Uliasz-Bocheńczyk, 2003).

Segundo os mesmos autores, apesar das vantagens descritas, existem algumas limitações ao uso de SRF na produção de *clinker*:

- O volume de SRF a ser inserido no forno depende da superfície efectiva de incineração deste, uma vez que não se pretende causar impactes negativos na utilização dos fornos e na qualidade do *clinker*;
- Devem ser cumpridas as regras impostas, para que, a utilização de SRF não provoque efeitos adversos na produção do *clinker*, nem na qualidade do cimento e para que não aumente a poluição através dos gases libertados para a atmosfera.

As principais características que o SRF deverá ter para ser utilizado em cimenteiras, prendem-se com o PCI, a concentração de metais pesados e de cloro (Martinho e Pires, 2006).

Segundo os resultados de testes realizados na cimenteira da província de Carinthian, na Áustria, a queima de embalagens de plástico não reciclável, provenientes de sistemas de recolha selectiva, não causa mudanças nas emissões de gases de exaustão (Harfner e Weihs, 1998).

Zucchelli (2005), refere que numa cimenteira em Itália, foram efectuados testes com vista a determinar os efeitos provocados pela utilização de RDF. Os resultados obtidos não se manifestaram demasiado diferentes dos obtidos na Áustria, chegando-se às seguintes conclusões:

- O tratamento dos gases libertados é eficaz no que diz respeito à emissão de metais pesados, uma vez que estes são condensados sob a forma de poeiras, ficando retidos no sistema de remoção das mesmas, e voltando a ser introduzidas no sistema, ficam assim retidas no *clinker*;
- No Mercúrio, o processo de retenção não é garantido. As componentes voláteis podem evaporar, não passando na zona de queima, o que impede que se liguem ao *clinker*; no entanto, os gases de exaustão vão sendo introduzidos no sistema de remoção de partículas, o que promove uma descida da temperatura e consequente condensação de metais voláteis, ficando assim uma parte retida nos precipitadores electrostáticos.

Segundo Gendebien *et al.* (2003), as emissões de Mercúrio, podem tornar-se problemáticas na co-incineração de RDF em processos industriais, o que significa que deveriam ser tomadas medidas especiais em relação a este poluente, nomeadamente, no que toca às Normas de qualidade.

2.5 Os metais e o SRF

A incineração de RSU emite poluentes. Algumas das substâncias emitidas podem ser metais, como o Crómio, Cobre, Níquel, Zinco, e, principalmente, o Cádmio, Mercúrio e Chumbo (Vassilev e Braekman-Danheux, 1999).

Assim, e tendo em conta os mesmos autores, o conhecimento acerca dos comportamentos de volatilização e condensação dos metais durante a combustão, é importante para a compreensão do potencial de emissão de cada tipo de metais. Os metais pesados condensam sob a forma de pequenas partículas de aerossóis que normalmente se formam durante o processo de arrefecimento (Sørum *et al.*, 2004).

São diversas as fontes de metais nos RSU. Materiais como papel e plásticos são fontes de Alumínio, Bário, Crómio, Cobre, Chumbo e Zinco. Plásticos, como o polietileno, são fontes de Alumínio e Zinco, o polipropileno de Alumínio, Sódio e Zinco, o PVC de Chumbo, Estanho e Zinco, e o poliestireno de Alumínio, Bário, Cádmio, Crómio, Cobre, Mercúrio, Potássio, Sódio, Níquel, Chumbo, Antimónio, Estanho, Vanádio e Zinco. A fracção metálica dos resíduos contribui principalmente para o Cobalto, Crómio, Cobre, Níquel e Vanádio, ao passo que, mais de metade do Mercúrio existente nos resíduos, são devidos a baterias usadas e a outros produtos industriais, como fungicidas, tintas, termómetros, componentes electrónicos e lâmpadas fluorescentes (Vassilev e Braekman-Danheux, 1999).

No Quadro 2.10 apresenta-se, para cada um dos 16 metais considerados, alguns exemplos de resíduos que poderão dar origem à sua presença nos RSU.

Quadro 2.10 Fontes de metais nos RSU (Adaptado de Vassilev e Braekman-Danheux, 1999)

Metal	Fontes
Al	Materiais de construção, papel, cerâmica, filmes, dispositivos, materiais não combustíveis, ligas, aço, materiais condutores, plásticos, ácidos gordos, lubrificantes
Ba	Materiais de construção, papel, organometálicos, vidros, têxteis, cerâmicas, peles de animais, tintas, PVC, aço, ligam, corantes, equipamentos eléctricos, lâmpadas, medicamentos, lubrificantes
Cd	Estabilizados de plástico, papel, organometálicos, tintas, corantes, painéis solares, baterias, tinteiros, pilhas, ligas, materiais de soldadura, têxteis, semicondutores, cerâmicas vidradas
Pb	Organometálicos, plásticos, tubos, tintas, corantes, ligas, papel, cartão, borrachas, baterias, tinteiros, cerâmicas vidradas, equipamentos electrónicos, cabos, materiais de soldadura, pilhas, vidro, combustíveis, restos de comida, sangue
Co	Ligas, organometálicos, ímanes, combustíveis, corantes, cerâmicas, vidro, fertilizantes

Quadro 2.10 (Continuação) Fontes de metais nos RSU (Adaptado de Vassilev e Braekman-Danheux, 1999)

Metal	Fontes
Cu	Ligas, aço, equipamentos electrónicos, organometálicos, condutores, papel, tinteiros, tintas, plásticos, pilhas, materiais de construção, fungicidas, resíduos de jardim
Cr	Cartão, papel, vidro, tintas, corantes, peles de animais, ligas, aço, equipamentos electrónicos, pilhas, materiais não combustíveis, plásticos
Sn	Organometálicos, estabilizados de plástico, materiais de soldadura, liga, semicondutores, dispositivos, vidro, pesticidas, corantes, lubrificantes
Ni	Ligas, aço, baterias, plástico, corantes, vidro, moedas, equipamentos eléctricos, dispositivos, ímanes, óleos vegetais
K	Materiais de construção, matéria orgânica, papel, vidro, restos de comida, têxteis, peles de animais, baterias, tijolos, ligas, pilhas, medicamentos, material fotográfico, fertilizantes
Se	Equipamentos electrónicos, semicondutores, cabos, vidro, borracha, aço, corantes, cerâmicas, lubrificantes, pesticidas, fármacos, materiais de fotografia, medicamentos, tijolos
Na	Materiais de construção, matéria orgânicas, papel, vidro, restos de comida, borracha, peles de animais, pilhas, ligas, medicamentos, têxteis, tijolos, pó de tijolos, material fotográfico, combustíveis, fertilizantes, resíduos de jardim
Sb	Plásticos, ligas, equipamentos electrónicos, semicondutores, baterias, borrachas, corantes, têxteis, cabos, vidro, materiais pirotécnicos, medicamentos
V	Aço, ligas, equipamentos electrónicos, supercondutores, têxteis, vernizes, borrachas, cerâmicas, vidro, medicamentos
Zn	Organometálicos, Ligas, tinteiros, papel, borracha, plásticos, baterias, pilhas, corantes, semicondutores, pesticidas, medicamentos, restos de comida
Hg	Baterias, termómetros, materiais pirotécnicos, PVC, fungicidas, medicamentos, lâmpadas, herbicidas, ligas, pilhas, corantes, tintas, equipamentos electrónicos, lâmpadas fluorescentes, restos de peixe

De acordo com Rotter *et al.* (2004), materiais como baterias, equipamentos electrónicos, sapatos, borracha, plásticos não embalagens e materiais mistos, são fontes de Cádmio, Chumbo e Zinco.

Segundo os mesmos autores, o teor em Cádmio, nos componentes dos combustíveis produzidos a partir de resíduos não tratados é exclusivamente influenciado por produtos com uma concentração elevada de Chumbo, que é encontrado no mesmo tipo de resíduos, mas produtos menos poluentes como finos, também são responsáveis por 20% do total de teor em Cádmio.

Com base no estudo de Ollila *et al.* (2006), a fracção inorgânica do RDF contribui para as suas concentrações de metais. Esta revela especial importância, uma vez que, ao contrário

do que acontece com a fracção orgânica, após a combustão é este material que se transforma em cinzas, que podem facilmente se libertar para a atmosfera. Esta fracção inorgânica é normalmente composta pelos designados finos (areias, sais, limos...).

No Quadro 2.11, pode ver-se os teores em metais de alguns dos constituintes inorgânicos do RDF.

Quadro 2.11 Composição inorgânica do RDF (Adaptado de Ollila *et al.*, 2006).

Partículas inorgânicas	Na (%)	Al(%)	K(%)
<i>Areia Natural</i>			
Alumino-silicatos	<10	10-20	20-30
Alumino-silicatos de cálcio	<10	20-30	
<i>Sal</i>			
Cloreto de sódio	40-60		
Cloreto de potássio			40-60
<i>Limos</i>			
Alumínio metálico		100	

Para muitos metais (com excepção do Crómio) a contribuição do papel, têxteis, plásticos e materiais não combustíveis nos resíduos é de mais de 80%. Aproximadamente 30% do Crómio tem origem nas embalagens de plástico (Jung *et al.*, 2006).

O SRF obtido a partir do sistema de produção “Ecodeco” apresenta um teor em metais pesados bastante inferior ao das especificações para utilização em cimenteiras do Reino Unido. No entanto, o teor em Cádmio, Crómio, Níquel e Mercúrio é superior no SRF do que na mistura de RSU (Grag *et al.*, 2007).

No estudo realizado por Diaz-Somoano *et al.* (2005), chegou-se às seguintes conclusões acerca dos metais durante o processo de combustão:

- O Mercúrio, dos metais estudados, é o metal mais volátil, e é completamente volatilizado durante o processo de co-combustão;
- O Cádmio poderá ser completamente volatilizado, com as temperaturas registadas durante a co-combustão;
- O Antimónio é totalmente volatilizado a temperaturas superiores a 600°C, sob a forma de SbO (g); A temperaturas inferiores apenas se formam espécies condensadas;

- O Chumbo é totalmente volatilizado a temperaturas superiores a 600°C sob a forma de PbCl_2 (g); A temperaturas entre os 600°C e os 1000°C surgem as formas mais comuns de Chumbo gasoso, e a temperaturas superiores a 1000°C forma-se PbO (g);
- O Crómio é um metal pouco volátil, apenas se verificando a presença de alguns compostos gasosos acima dos 1100°C;
- O Cobalto volatiliza completamente sob a forma de CoCl_2 a temperaturas superiores a 800°C; apenas as espécies do tipo CoSO_4 , são volatilizadas a temperaturas inferiores;
- A temperaturas superiores a 600°C o Cobre passa completamente para a fase gasosa, sob a forma de CuCl (g);
- Quanto ao Níquel, a temperaturas superiores a 900°C formam-se Ni(OH)_2 e NiCl_2 ; quando a temperatura atinge os 1100°C a espécie dominante passa a ser o Ni(OH)_2 ;
- Para temperaturas inferiores a 600°C, o Vanádio apenas condensa sob a forma de óxidos e sulfatos; entre 700°C e 1100°C a espécie dominante é o V_4O_{10} (g), e a temperaturas superiores passa a VO_2 (g).

Em geral, um aumento da concentração de HCl aumenta a probabilidade de formação de cloretos metálicos gasosos, não podendo ser previsto este efeito para metais como o Antimónio, o Crómio e o Vanádio. A presença de alguns elementos como Sódio, Potássio, Cálcio, Magnésio, Ferro, Alumínio, Silício e Fósforo, promovem a condensação de alguns metais em partículas sólidas durante a co-combustão e o arrefecimento gasoso, contribuindo assim, para a diminuição das emissões gasosas (Díaz-Somoano *et al.*, 2005).

Como já referido anteriormente, as cimenteiras são a principal indústria com potencial para a utilização de RDF. A capacidade de volatilização é o factor que influencia o comportamento dos metais no processo de volatilização. Assim, os metais que não volatilizam ficam retidos na fase particulada, e são integrados no *clinker*; os semi-voláteis, como o Sódio e o Potássio, podem ter ciclos internos dentro do forno, concentrando-se nas partículas em suspensão, sendo removidos no sistema de despoeiramento; os metais muito voláteis irão ser libertados sob a forma de efluentes gasosos. (Formosinho *et al.*, 2000)

No Quadro 2.12 apresenta-se o balanço mássico de alguns dos metais nos fornos das cimenteiras, estimado por Formosinho *et al.* (2000). Com este balanço, percebe-se a evolução dos metais que são removidos com o *clinker*, que estão presentes nas poeiras que chegam ao despoeirador, e os que estão presentes nos efluentes gasosos. (Quadro 2.12)

Quadro 2.12 Balanço mássico de alguns metais nos fornos de cimenteiras. (Adaptado de Formosinho *et al.*, 2000)

Metal	<i>Clinker</i> (%)	Poeiras (%)	Gás (%)
Cd	74 - 88	5 - 20	0,01 – 0,1
Pb	72 - 96	2 - 25	0,00 – 0,03
Co	≈93	≈7	≈0,05
Cu	≈88	≈12	≈0,02
Cr	91 - 97	3 - 9	0,001 – 0,01
Zn	80 - 99	1 - 9	0,004 – 0,05
Hg	0	40 - 60	40 - 60

Segundo Rio *et al.* (2007), as emissões de metais pesados a partir da combustão de RSU resulta da vaporização destes elementos durante a combustão. Os metais com uma maior pressão de vapor e um ponto de ebulição inferior são encontrados em maior número nas cinzas que se libertam para a atmosfera e no gás de combustão. Assim, os metais como o Bário e o Crómio, estão concentrados principalmente nas cinzas que se depositam no fundo e nunca volatilizam; os metais como o Cobre, o Chumbo e o Zinco estão concentrados na matéria particulada e metais como o Mercúrio e o Cádmio estão concentrados na fase gasosa.

Comparando os valores obtidos por Youcai *et al.* (2004), para o Cobre, Chumbo e Zinco, nos RSU da China, com os valores dos mesmos metais na Suíça, pode verificar-se que estes são menores no primeiro país. Assim as concentrações destes metais na China são de 0,21 mg/g em matéria seca de Cobre, 0,56 mg/g em matéria seca de Chumbo e 1,35 mg/g em matéria seca de Zinco. Uma das principais conclusões deste estudo prende-se com a volatilidade destes três compostos. Desta forma, chega-se à conclusão de que o composto mais volátil é o Chumbo, seguido do Zinco e por fim o Cobre. Estes resultados são coerentes com os verificados em diversas incineradoras.

Quando sob a forma de cloretos, o Chumbo volatiliza de 60-70%, o Zinco de 50-60% e o Cobre de 5-10%. Sob a forma de óxidos volatilizam 20-25% de Chumbo, 15% de Zinco e 5-8% de Cobre. Na forma metálica volatilizam 25% de Chumbo, 12% de Zinco e 11% de Cobre (Youcai *et al.*, 2004).

Segundo os mesmos autores as espécies metálicas e de óxidos de Crómio e Níquel são menos voláteis que as anteriores; no entanto, os cloretos, sulfatos e metais de Cádmio e Mercúrio apresentam maiores índices de volatilização quando incinerados.

No Quadro 2.13 apresenta-se os resultados obtidos por Ribeiro (2007), relativos ao PCI, Humidade e Concentrações de Metais, presentes nos refugos da Estação de Triagem e nos rejeitados do TMB da Tratolixo.

Quadro 2.13 PCI, Humidade e Concentrações de Metais nos refugos e rejeitados provenientes das instalações da Tratolixo (Adaptado de. Ribeiro, 2007).

Parâmetro	Concentração no refugo do embalão	Concentração no rejeitado do TMB
PCI* (MJ/kg)	15,7	13,3
Humidade (%)	24,6	28,2
Al (ppm)	5200	14960
Ba (ppm)	340	14
Cd (ppm)	<1	<1
Pb (ppm)	33	16
Co (ppm)	<5	<5
Cu (ppm)	3	16
Cr (ppm)	14	9
Sn (ppm)	<5	10
Ni (ppm)	10	<5
K (%)	0,14	1,11
Se (ppm)	<1	<1
Na (%)	0,14	1,11
Sb (ppm)	<5	10
V (ppm)	<1	<1
Zn (ppm)	72	72
Hg (ppm)	<0,04	<0,04

*Este parâmetro está expresso em peso húmido.

Nota: Para a Humidade não se utiliza a designação peso seco e peso húmido.

Para além das questões ambientais, as questões relacionadas com a saúde pública são uma das principais razões pelas quais a emissão deste tipo de compostos necessita de ser controlada.

Assim, segundo Formosinho *et al*, (2000), são vários os problemas de saúde relacionados com alguns dos metais estudados nesta dissertação:

- Segundo a classificação da IARC (2006), o Cádmio é carcinogénico para o Homem (grupo 1). O órgão mais atingido por este composto é o rim, no entanto, também se registam efeitos respiratórios, quando a exposição ao Cádmio é por inalação;
- Pela classificação da IARC (2006), o Chumbo é um composto potencialmente carcinogénico (grupo 2A). Normalmente os seus efeitos fazem-se sentir no sistema nervoso;
- O Crómio provoca lesões na pele, nas mucosas e reacções alérgicas. Também é classificado pelo IARC (2006), como carcinogénico para o homem (grupo 1);
- O Níquel é considerado como possivelmente carcinogénico para o Homem, pela IARC (2006), (grupo 2B). A dermatite é um dos efeitos da exposição a este composto, podendo também ocorrer efeitos a nível respiratório;
- O Selénio, pela IARC (2006), não é classificável como carcinogénico (grupo 3). Leva à descoloração da pele e dos dentes, perda de cabelo e unhas e alterações neurológicas.
- O Vanádio é considerado como possivelmente carcinogénico para o Homem, pela IARC (2006) (grupo 2B). A sua toxicidade é reduzida.
- O Mercúrio, pela IARC (2006), não é classificável como carcinogénico (grupo 3). Atinge, fundamentalmente o sistema nervoso central e os rins. Pode também provocar reacções alérgicas.

3. METODOLOGIA

3.1 Recolha e tratamento das amostras

3.1.1 Refugo do embalão.

As amostras foram recolhidas nas instalações da AMARSUL de Palmela (no centro de triagem dos resíduos depositados no embalão) (Figura 3.1), durante os meses de Maio a Julho de 2007, divididas por 10 campanhas semanais.



Figura 3.1. Centro de Triagem de resíduos do embalão da AMARSUL de Palmela.

No Quadro 3.14, apresenta-se a quantidade de amostra recolhida, bem como as datas correspondentes.

Quadro 3.14 Datas das campanhas e quantidades amostradas do refugo do embalão.

Campanha	Data	Quantidade amostrada (kg)
1	08.05.2007	200
2	15.05.2007	232
3	22.05.2007	200
4	30.05.2007	160
5	05.06.2007	140
6	12.06.2007	160
7	20.06.2007	260

Quadro 3.14 (Continuação) Datas das campanhas e quantidades amostradas do refugo do embalão.

Campanha	Data	Quantidade amostrada (kg)
8	26.06.2007	160
9	03.07.2007	260
10	10.07.2007	180
Média		195

O procedimento de recolha nesta instalação foi o seguinte:

- Verificava-se se a linha estava limpa e colocava-se o “*big-bag*” no final da mesma (Figura 3.2);



Figura 3.2. Colocação do *Big-Bag*.

- Iniciava-se o funcionamento da linha de triagem, ocupando cada um dos triadores a sua posição habitual de maneira a recolher os materiais recicláveis (Figura 3.3);



Figura 3.3 Linha de Triagem.

- No final da linha, a equipa da FCT, retirava todos os materiais susceptíveis de danificar o triturador (sacos fechados, equipamentos eléctricos e electrónicos, pedras e “vidros” não recicláveis);
- Após se atingir o peso de refugo desejado (200kg), terminava a recolha (Figura 3.4).



Figura 3.4 Big-Bag, cheio no final da recolha.

As quantidades de resíduos de refugo foram classificadas em três classes, e pesadas, de forma a obter-se a percentagem destas em relação ao total recolhido (Quadro 3.15).

Quadro 3.15 Resíduos removidos do refugo do embalão.

Campanha	Sacos fechados (kg)	Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (EEE) (kg)	Outros (kg)	Total kg	%*
1	-	-	57	57	22
2	11	26	25	62	21
3	23	9	21	53	21
4	7	4	16	27	14
5	13	4	16	33	19
6	10	7	29	46	22
7	18	15	14	47	15
8	12	5	24	41	20
9	24	12	31	67	20
10	6	6	15	27	13

*Em relação à amostra total recolhida, Quadro 3.14

O tratamento das amostras após a recolha foi o seguinte:

- As amostras foram trituradas para uma granulometria de 20mm, num triturador do tipo industrial (Figura 3.5);



Figura 3.5 Processo de trituração.

- Com o material triturado, formou-se uma pilha, e com o método dos quartos recolheu-se uma amostra de 10 a 15kg, para caracterização no laboratório (Figura 3.6);



Figura 3.6 Recolha de amostras com o método dos quartos.

- De acordo com a norma CEN/TS 15414:2006, as amostras foram secas a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para determinação da humidade;
- Após a secagem, as amostras foram homogeneizadas, e cerca de 0,5kg voltaram a ser triturados, desta vez até uma granulometria de 8mm;
- Estas voltaram a ser homogeneizadas e novamente trituradas até uma granulometria de 1mm, para a análise do PCI, das cinzas e dos metais, (excepto o Mercúrio);
- Do material triturado a 20mm, uma fracção foi seca a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para a análise do Mercúrio, e posteriormente triturada a 1mm. (Este procedimento deveu-se ao facto do Mercúrio ser volátil a temperaturas superiores a 40°C).

3.1.2 Rejeitado do TMB.

Recolheram-se as amostras nas instalações da AMARSUL de Setúbal (na central de Tratamento Mecânico e Biológico) (Figura 3.7), durante os meses de Maio a Julho de 2007, divididas por 10 campanhas semanais.



Figura 3.7 Central de Tratamento Mecânico e Biológico.

No Quadro 3.16, apresenta-se a quantidade de amostra recolhida, bem como as datas correspondentes.

Quadro 3.16 Datas das campanhas e quantidades amostradas do rejeitado do TMB.

Campanha	Data	Quantidade amostrada (kg)
1	09.05.2007	988
2	16.05.2007	886
3	23.05.2007	1020
4	29.05.2007	1110
5	05.06.2007	920
6	15.06.2007	890
7	20.06.2007	1050
8	27.06.2007	1020
9	04.07.2007	940
10	11.07.2007	1100
Média		995

O procedimento de recolha nesta instalação foi o seguinte:

- Verificava-se se a linha estava limpa e colocava-se o “*big-bag*” no final da mesma;
- A linha começava a ser alimentada, tendo o cuidado de, para tal, serem recolhidos resíduos de diferentes locais da plataforma de descarga dos RSU (Figura 3.8);



Figura 3.8 Plataforma de descarga de RSU.

- No início da linha de tratamento, encontrava-se a cabine de triagem do vidro (Figura 3.9), onde era garantida a abertura de todos os sacos fechados, retirava-se o vidro (reciclável e não reciclável), pedras e Equipamentos Eléctricos e Electrónicos;



Figura 3.9 Cabine de triagem de vidro.

- Os resíduos rejeitados em ambos os crivos (80 e 120mm) foram encaminhados para a cabine de triagem dos recicláveis, onde eram retirados todos os materiais que pudessem danificar o triturador e que não tinham sido retirados no passo anterior (EEE, pedras e vidros não recicláveis) (Figura 3.10);



Figura 3.10 Linha de triagem dos rejeitados do crivo de 120mm.

- Após se atingir o peso de refugo desejado, terminava a recolha (Figura 3.11).



Figura 3.11 *Big-Bags*, cheios no final da recolha.

Os resíduos retirados do rejeitado foram posteriormente pesados de forma a obter-se a percentagem relativamente ao total recolhido (Quadro 3.17).

Quadro 3.17 Resíduos removidos do rejeitado do TMB.

Campanha	Total recolhido	
	kg	%*
1	149	13
2	51	5
3	86	8
4	93	8
5	80	8
6	89	9
7	90	8
8	68	6
9	84	8
10	84	7

*Em relação à amostra total recolhida, Quadro 3.16.

O tratamento das amostras após a recolha foi o seguinte:

- As amostras foram trituradas para uma granulometria de 20mm (Figura 3.12);



Figura 3.12 Amostra triturada a 20mm.

- Com o material triturado, formava-se uma pilha, e com o método dos quartos recolhia-se uma amostra de 10 a 15kg, para caracterização no laboratório;

- De acordo com a Norma CEN/TS 15414:2006, as amostras foram secas a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para determinação da humidade.
- Após a secagem, as amostras foram homogeneizadas, e cerca de 0,5kg voltaram a ser triturados, desta vez até uma granulometria de 8mm;
- Estes voltaram a ser homogeneizados e novamente triturados até uma granulometria de 1mm, para a análise do PCI, das cinzas e dos metais (excepto o Mercúrio);
- Do material triturado a 20mm, uma fracção foi seca a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para a análise do Mercúrio, e posteriormente triturada a 1mm. (Este procedimento deveu-se ao facto do Mercúrio ser volátil a temperaturas superiores a 40°C).

3.2 Métodos Analíticos

Os métodos analíticos utilizados seguiram Normas adequadas, e foram os mesmos para ambos os resíduos em estudo. Assim para os vários parâmetros, os métodos utilizados foram:

- Humidade segundo a norma CEN/TS 15414:2006; este método implica a aplicação da seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Humidade (\%)} &= \\ &= \frac{(\text{peso da caixa + amostra fresca(g)}) - (\text{peso da caixa + amostra seca (g)})}{(\text{peso da caixa + amostra fresca (g)}) - (\text{peso da caixa (g)})} \times 100 \end{aligned}$$

- Cinzas segundo a Norma CEN/TS 15403:2006; este método implica a aplicação da seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Cinzas (\%)} &= \\ &= 1 - \left[\frac{(\text{peso do cadinho + amostra seca(g)}) - (\text{peso do cadinho + amostra mufla(g)})}{(\text{peso do cadinho + amostra seca (g)}) - (\text{peso do cadinho (g)})} \right] \\ &\quad \times 100 \end{aligned}$$

- PCS segundo a Norma CEN/TS 15400:2006, realizado com o equipamento Bomba calorimétrico ISCO Calorimat; para o cálculo do PCI, é necessário efectuar os seguintes cálculos:

$$\text{PCI (MJ/kg)} = \left[\left(\left[\text{PCS(MJ/kg)} \times \left[1 - \left(\frac{H_u}{100} \right) \right] - 5,84 \times (H_u + 9H) \right] \right) \times 4,1868 \right] \div 1000$$

Legenda:

- PCI – Poder Calorífico Inferior;
- PCS – Poder Calorífico Superior;
- H_u – Humidade (%);
- H – Teor em Hidrogénio (%).

$$\text{PCS(MJ/kg)} = \left[\left(\frac{W \times t - e1 - e2 - e3}{m} \right) \times 4,1868 \right] \div 1000$$

Em que:

$$W = \frac{H' \times m + e1 + e2}{t}$$

$$t = t_c - t_a - r1 \times (b - a) - r2 \times (c - b)$$

Legenda:

- e1 – constante (cal) (neste caso assume o valor 0);
 - e2 – comprimento de fio consumido (cal);
 - e3 – constante (cal) (neste caso assume o valor 0);
 - m – peso seco da amostra (g);
 - H' – constante (cal/g) (assume o valor de 6318);
 - t_c – temperatura a que fica constante (°C);
 - t_a – temperatura na altura da ignição (°C);
 - r1 – taxa de elevação nos 5 minutos iniciais (°C/min);
 - r2 – taxa de elevação nos 5 minutos após o tempo c (°C/min);
 - a – Tempo da ignição (min) (foram 10min);
 - b – Tempo a 60% (min);
 - c – Tempo a que passa a constante (min).
- Metais segundo a Norma RAL (2003) com a digestão a quente das amostras segundo o método A, descrito na Norma EN 13346:2000, a detecção foi realizada com o equipamento ICP Ultima, Jobin Yvon Horbina (Figura 3.13); este método implica a aplicação da seguinte fórmula:

$$[\text{Metal}] \text{ (mg/kg)} = \frac{[\text{Metal}] (\mu\text{g/L}) \times \text{Volume diluição (ml)}}{\text{Peso da amostra (g)} - \left[\text{peso da amostra (g)} \times \text{Humidade residual} \left(\frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g amostra}} \right) \right]}$$



Figura 3.13 Digestão a quente das amostras.

- Mercúrio segundo o artigo Costley *et al.* (1999), realizado com o equipamento Leco, AMA-254.

3.3 Comparação dos valores limite das várias Normas

Tendo em conta a necessidade de perceber quais as diferenças entre as várias Normas, bem como as razões pelas quais estas se diferenciam, efectuou-se uma análise comparativa das mesmas.

As Normas CEN e EURITS orientaram os países na formulação das suas Normas. Em termos de PCI, quando comparada a EURITS com a CEN, um SRF, que cumpra a primeira, classifica-se nas classes 3 CEN. O que significa que a CEN classifica como SRF, um resíduos de menor qualidade, no que respeita ao PCI. (Figura 3.14)

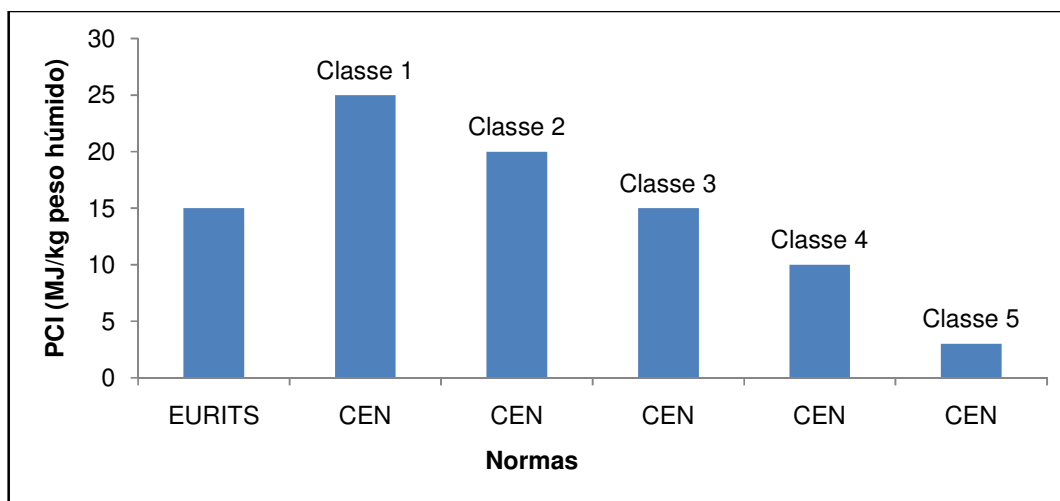


Figura 3.14 Comparação dos valores das Normas CEN e EURITS em termos de PCI.

Não se conseguem comparar os valores de mercúrio nestas duas Normas porque estão em unidades diferentes. No entanto, a EURITS evidencia as Cinzas, que devem apresentar teores muito reduzidos (5%), o que implica que os vidros, pedras, metais, matéria orgânica não podem fazer parte do refugo dos resíduos para a produção de RDF.

A EURITS é mais exigente do que a CEN na normalização e limitando um maior número de metais.

Outro parâmetro importante para a determinação do potencial para a queima destes resíduos é a Humidade. Esta é realçada na Norma da Secil, de Itália e da Suécia.

Assim, quanto aos parâmetros definidos, pode concluir-se que as Normas que mais importâncias dão à performance de queima são a CEN, EURITS, Secil, Itália e Suécia.

As Normas italianas também são orientadas pela CEN relativamente ao PCI. O SRF “standard” classifica-se como CEN 3, enquanto que, o “High Quality” classifica-se como CEN 2. (Figura 3.15).

Da comparação entre a Norma da Itália e a da EURITS, conclui-se que os limites da primeira são influenciados pela segunda, como é o exemplo do Zinco. (Figura 3.16)

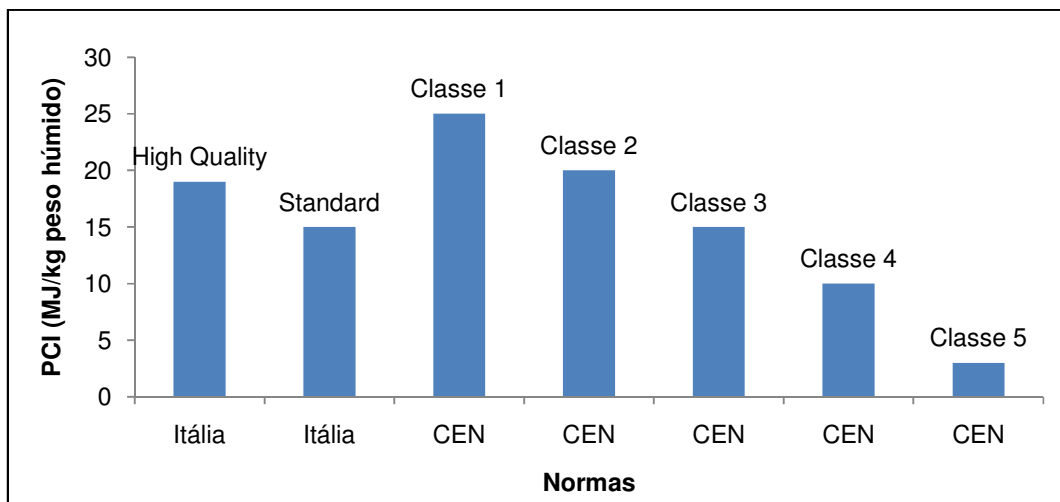


Figura 3.15 Comparação dos valores das Normas CEN e de Itália em termos de PCI.

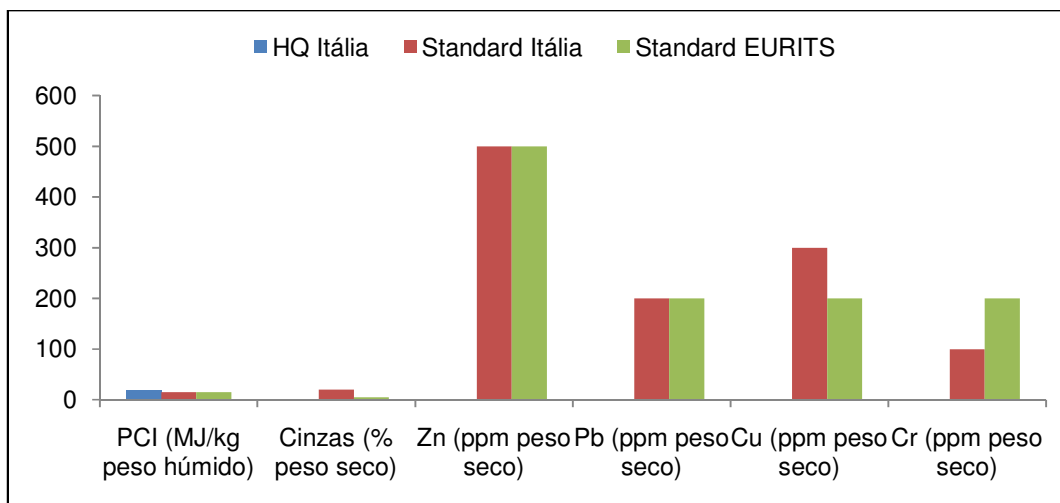


Figura 3.16 Comparação dos valores das Normas EURITS e de Itália em termos de PCI, Cinzas, Zinco, Chumbo, Cobre e Crómio.

A Norma da Suécia corresponde à Classe 1 da CEN, no parâmetro PCI. Os limites para os metais são muito restritivos, normalmente, são quatro vezes menores que os limites da EURITS. (Figura 3.17 e Figura 3.18)

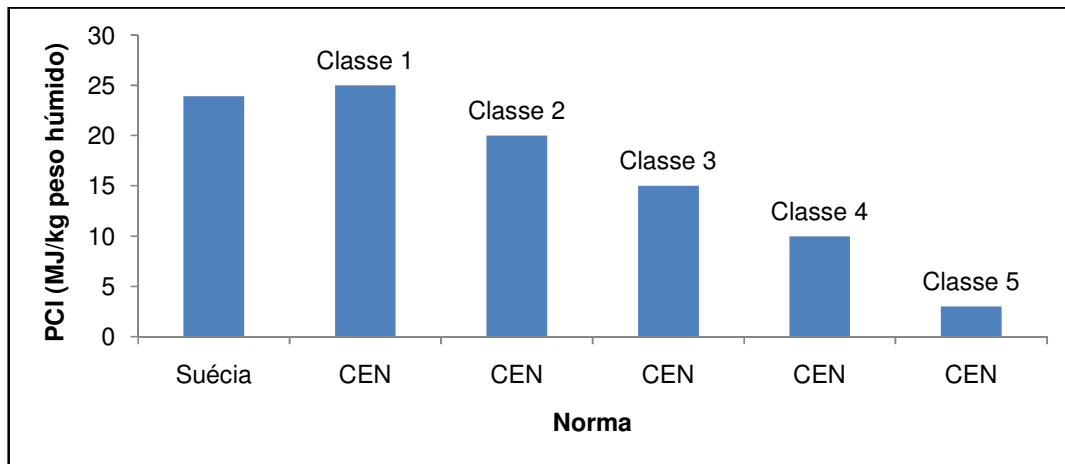


Figura 3.17 Comparação dos valores das Normas CEN e da Suécia em termos de PCI.

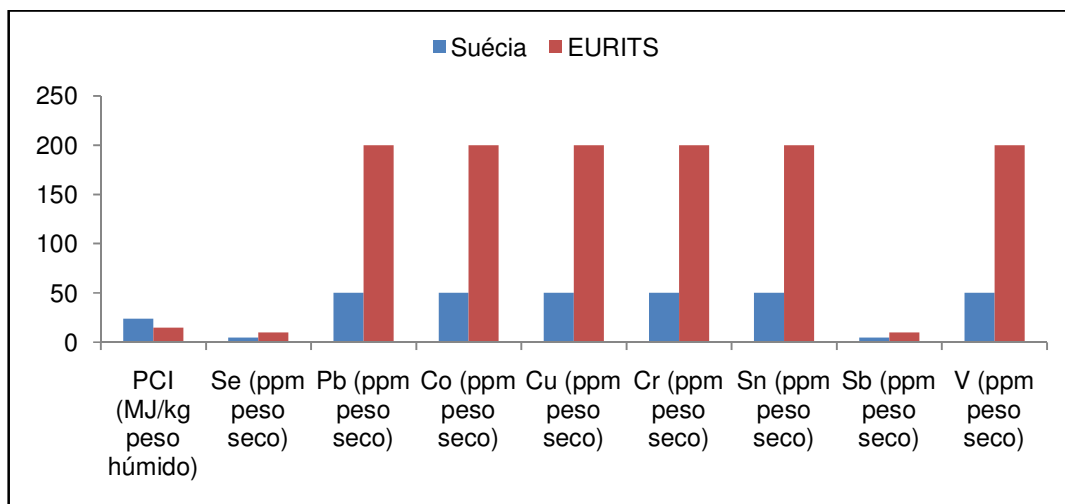


Figura 3.18 Comparação dos valores das Normas EURITS e da Suécia em termos de PCI, Selênio, Chumbo, Cobre, Cobre, Cromo, Estanho, Antimônio e Vanádio.

A Alemanha e a Finlândia não estão preocupadas com as características do resíduo como combustível. A Alemanha fixa os metais e usa a mediana em vez da média. Os valores são mais restritos que a EURITS e regra geral, da ordem de grandeza da Suécia. Os limites da Finlândia têm a particularidade de serem os únicos a fixar o Potássio e o Sódio, à semelhança da Norma da Secil.

A Norma da Secil é orientada, para a produção de cimento com uma qualidade pré-definida. Isto permite-lhes ser mais ou menos permissíveis quanto à qualidade do RDF.

3.4 Tratamento dos Resultados

Neste estudo, o tratamento dos resultados foi feito da seguinte forma:

Começou-se pela construção das figuras que representam a dispersão dos valores obtidos, para melhor compreender a gama de concentrações e as variações presentes nos parâmetros analisados, ao longo das 10 campanhas;

Após a observação das figuras anteriores, fez-se o tratamento das amostras como sendo uma amostra única, ou seja, em vez de o tratamento dos resultados ser feito campanha a campanha, optou-se por se considerar as dez semanas de trabalho como uma campanha única. Isto foi possível tendo em conta o curto espaço de tempo em que estas decorreram, que leva a crer que a sazonalidade não tem uma influencia significativa para os resultados;

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos, foi efectuado um teste estatístico, para determinar se as distribuições das concentrações dos metais se aproximam, ou não, da distribuição Normal;

O teste utilizado para a aproximação à distribuição Normal foi o Shapiro-Wilk (SW) com recurso à ferramenta analítica SPSS para Windows. Desta forma, todas as distribuições cujo p foi superior a 0,05 foram consideradas próximas da distribuição Normal, com 95% de confiança (Weiss, 1993);

Pelo Teorema do Limite Central, todas as distribuições da média cujo número de observações (n) seja igual ou superior a 30, podem ser consideradas Normais. Pode-se, então, calcular intervalos para o valor médio com os mesmos 95% de confiança (Weiss, 1993);

Quando a distribuição não parece aproximar-se de uma Normal, mas o n sendo de dimensão inferior a 30, se aproxima deste valor, podem calcular-se intervalos de confiança indicativos, aos quais não se atribui grau de confiança (Guimarães, 2007);

Para o caso dos parâmetros cuja distribuição não parece estar próxima da distribuição Normal, optou-se pela análise do valor máximo, uma vez que não é legítimo calcular intervalos de confiança;

Os valores médios e máximos foram comparados com as Normas estabelecidas. Os valores médios foram ainda comparados com os valores do estudo de Ribeiro (2007) efectuado para a Tratolixo;

Por fim, para perceber as diferenças entre os dois tipos de resíduos, fez-se uma análise comparativa. Para isso, confrontaram-se os valores médios dos diferentes parâmetros em estudo, e sempre que necessário estudaram-se também os máximos registados.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 Refugo do embalão

Para uma melhor compreensão do material que está a ser estudado é necessário efectuar uma análise das características físico-químicas do mesmo. Para isso fez-se a análise da sua Humidade, PCI e Cinzas.

Pela observação da Figura 4.19, pode concluir-se que existe uma grande variação dos valores da Humidade ao longo das 10 campanhas. Nomeadamente nas campanhas 2 e 5, que apresentam teores de humidade inferiores, e nas campanhas 3 e 4, em que estes são bastante mais elevados do que nas restantes.

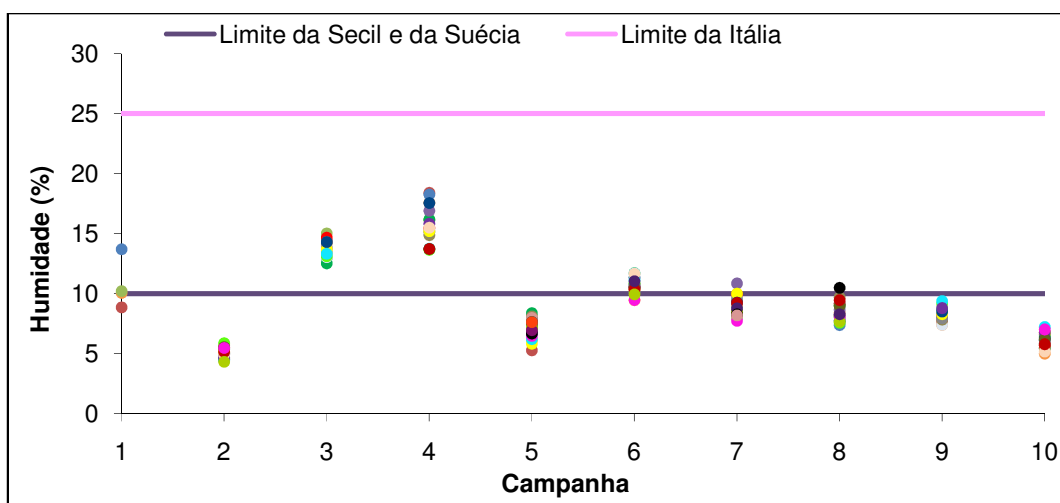


Figura 4.19 Humidade no refugo do embalão.

Quanto à variação do PCI, pode verificar-se que na campanha 2 se registam os valores mais altos e na campanha 10 os mais baixos. Em geral as variações observadas são graduais. (Figura 4.20)

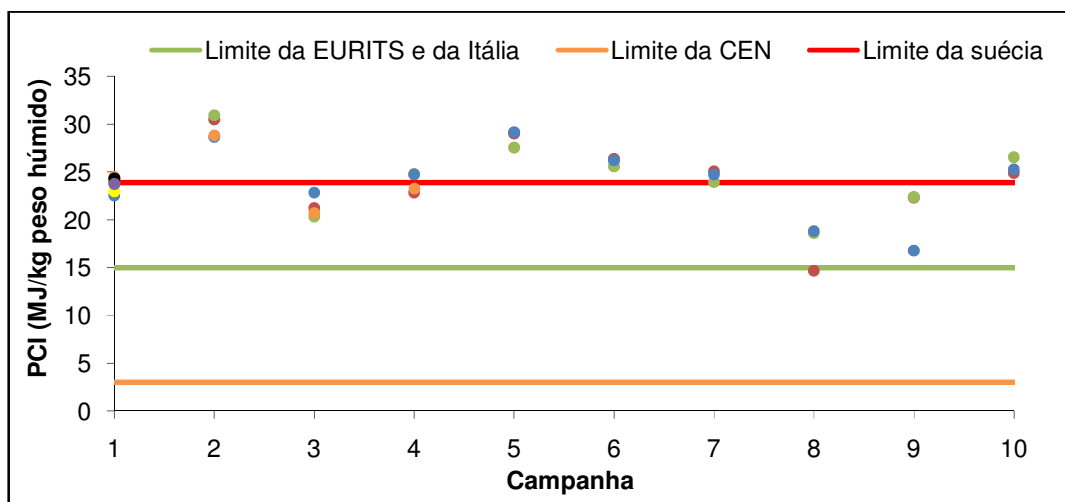


Figura 4.20 PCI no refugo do embalão.

As cinzas, não apresentam variações consideráveis ao longo das 10 campanhas. (Figura 4.21)

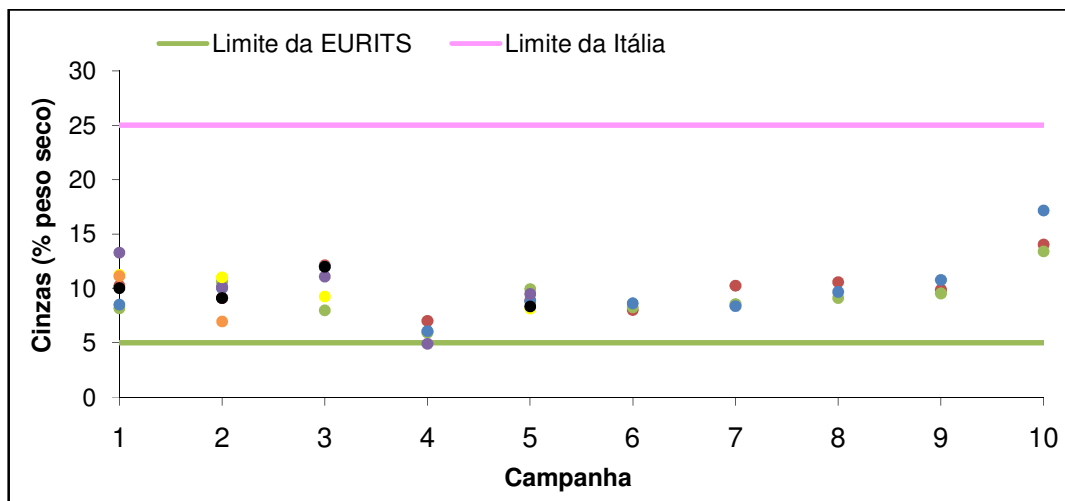


Figura 4.21 Cinzas no refugo do embalão.

Em seguida faz-se a mesma análise para todos os metais estudados.

Iniciando este estudo pelo comportamento do Alumínio (Figura 4.22), pode concluir-se que este apresenta uma grande variação. As campanhas que melhor o exemplificam são a 2, 5 7 e 10.

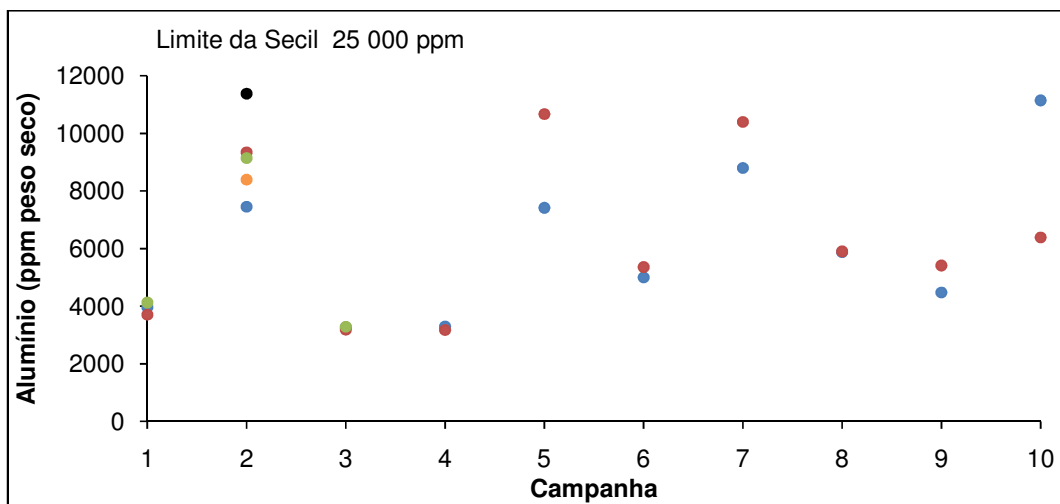


Figura 4.22 - Alumínio no refugo do embalão.

No caso do Bário, a variação é muito pequena, exceptuando a campanha 2, que apresenta valores muito superiores aos restantes, como se pode ver na Figura 4.23.

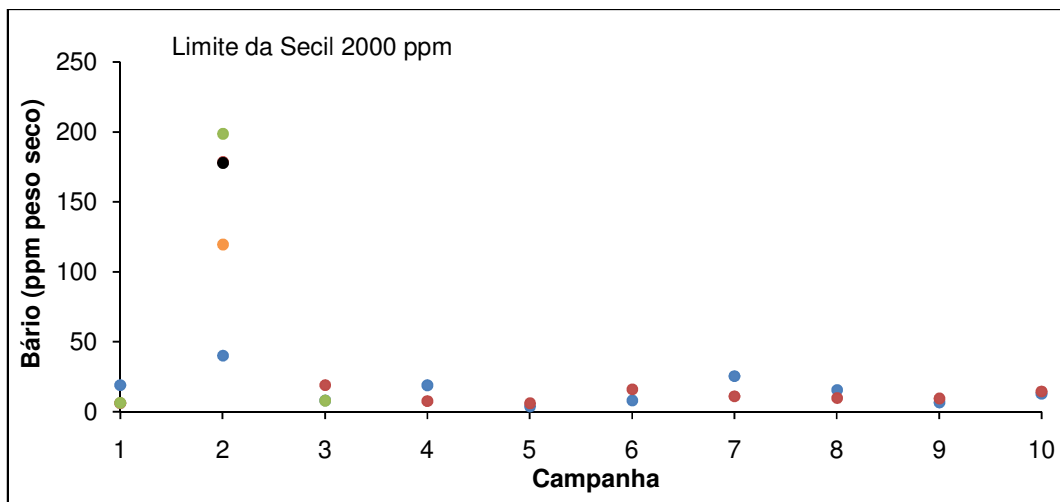


Figura 4.23 Bário no refugo do embalão.

No Cádmio destacam-se as campanhas 1 e 6, por apresentarem valores mais elevados quando comparados com as outras campanhas. (Figura 4.24)

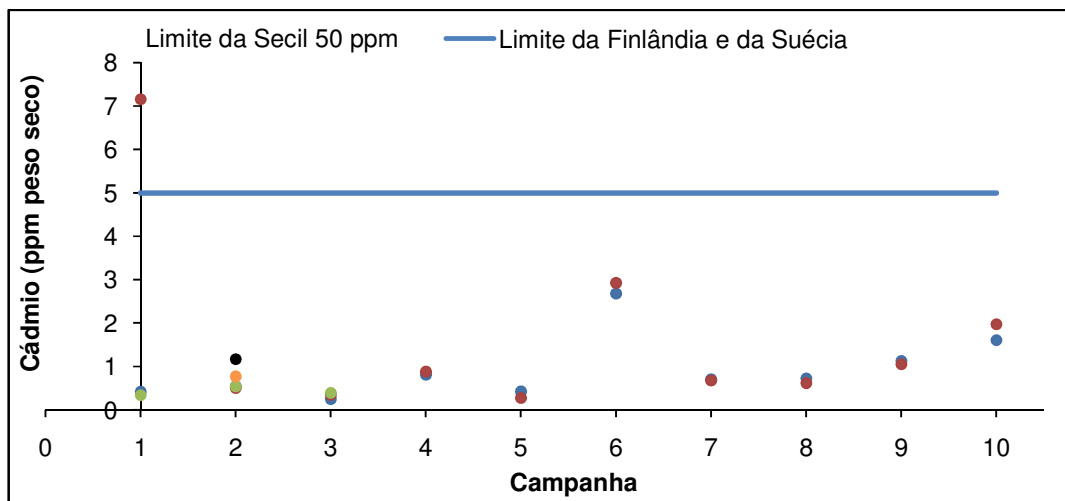


Figura 4.24 Cádmio no refugo do embalão.

Na Figura 4.25 pode verificar-se que, para as concentrações de Chumbo, apenas as campanhas 4 e 10 se destacam das restantes.

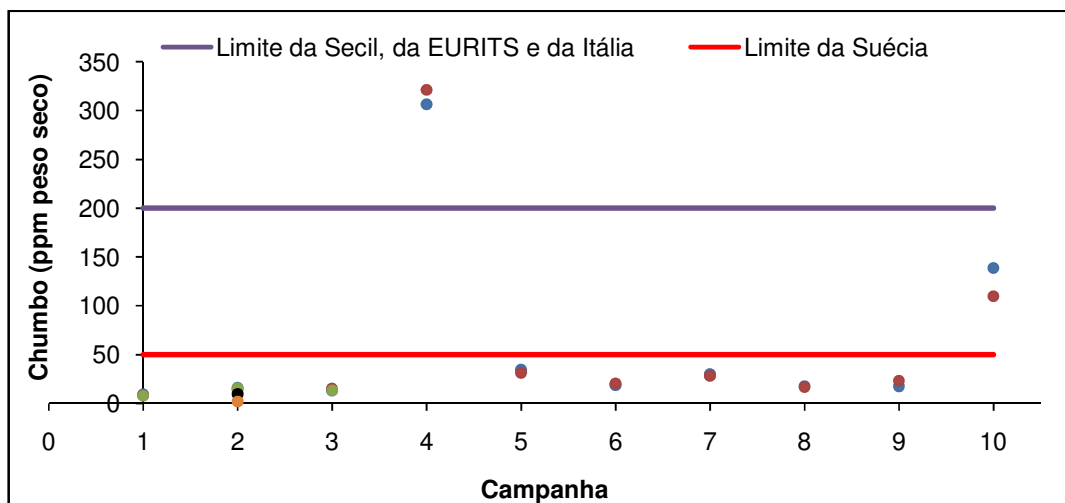


Figura 4.25 Chumbo no refugo do embalão.

O Cobalto varia principalmente nas campanhas 2, 4 e 10, uma vez que os valores registados para estas são superiores aos das restantes. (Figura 4.26)

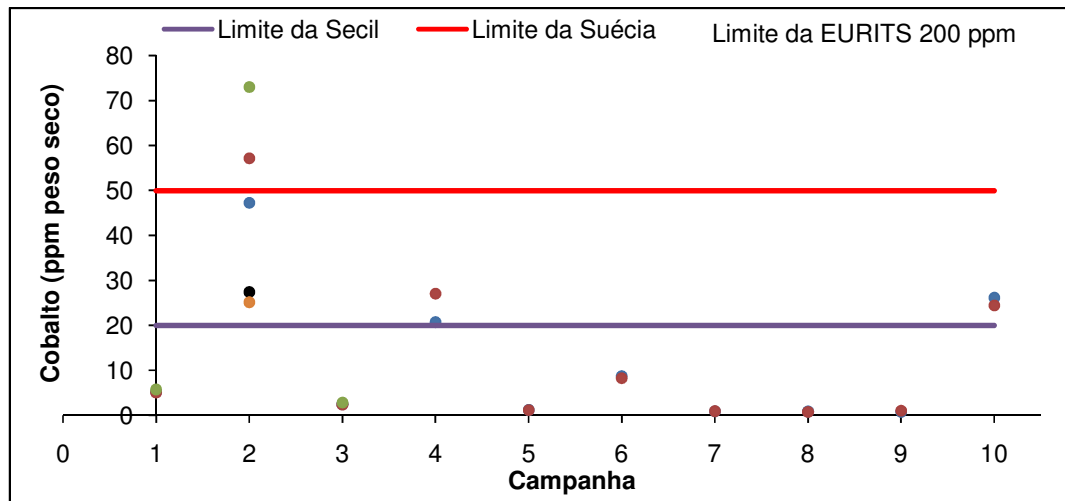


Figura 4.26 Cobalto no refugio do embalão.

O Cobre apresenta variações ao longo das várias campanhas. Principalmente nas campanhas 2 e 10. (Figura 4.27)

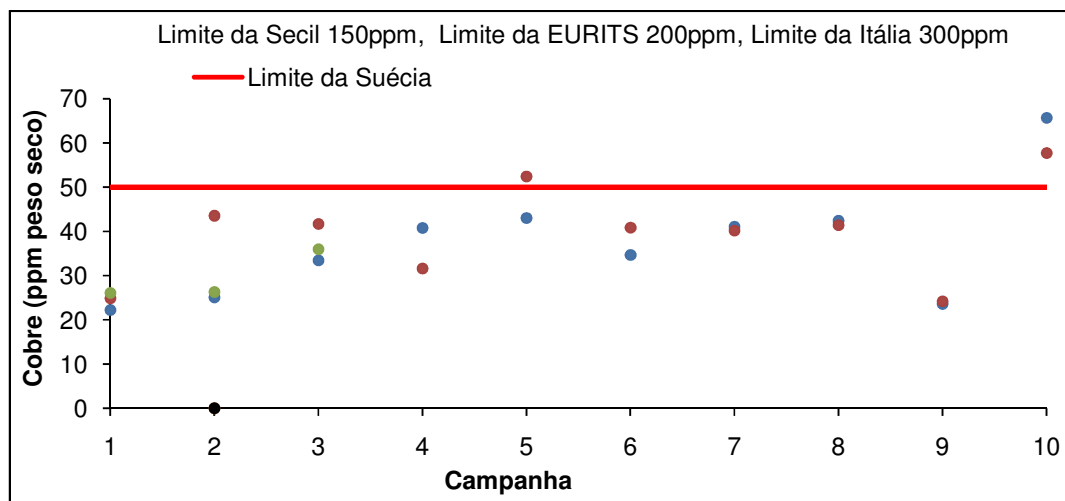


Figura 4.27 Cobre no refugio do embalão.

O Crómio varia bastante ao longo das 10 campanhas. (Figura 4.28)

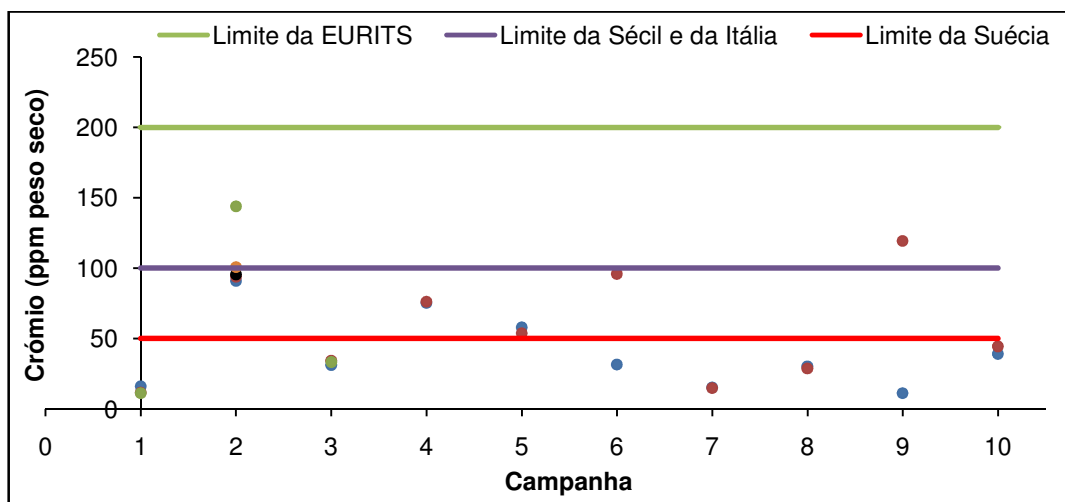


Figura 4.28 Crómio no refugo do embalão.

Os valores de Estanho variam no decorrer das campanhas. Pela observação da Figura 4.29, pode concluir-se que na campanha 2 é onde esta variação é mais notória.

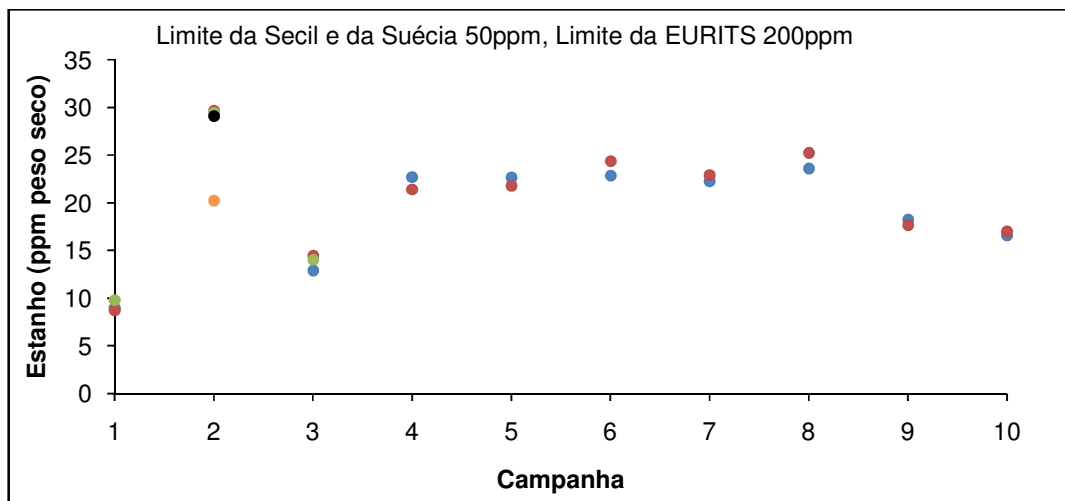


Figura 4.29 Estanho no refugo do embalão.

Nas concentrações de Níquel apenas há a destacar a campanha 2 com valores bastante superiores aos registados nas outras campanhas. (Figura 4.30)

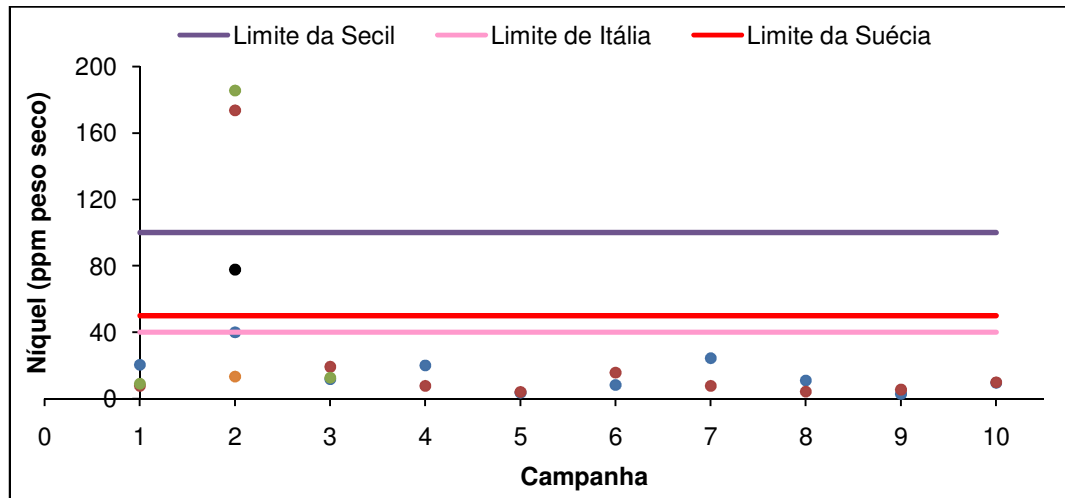


Figura 4.30 Níquel no refugo do embalão.

Pela observação da Figura 4.31 pode concluir-se que, para o Potássio, os valores são razoavelmente constantes. Apenas nas campanhas 2 e 8 existem variações, a primeira tem valores inferiores e a segunda, superiores às restantes.

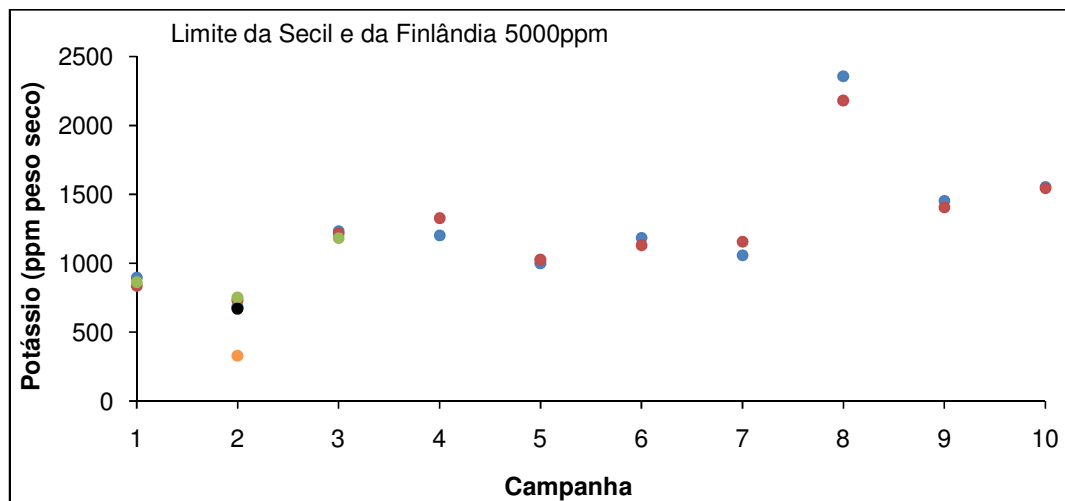


Figura 4.31 Potássio no refugo do embalão.

Apenas a campanha 2 registou valores de concentração de Selénio, havendo grande variação entre estes. (Figura 4.32)

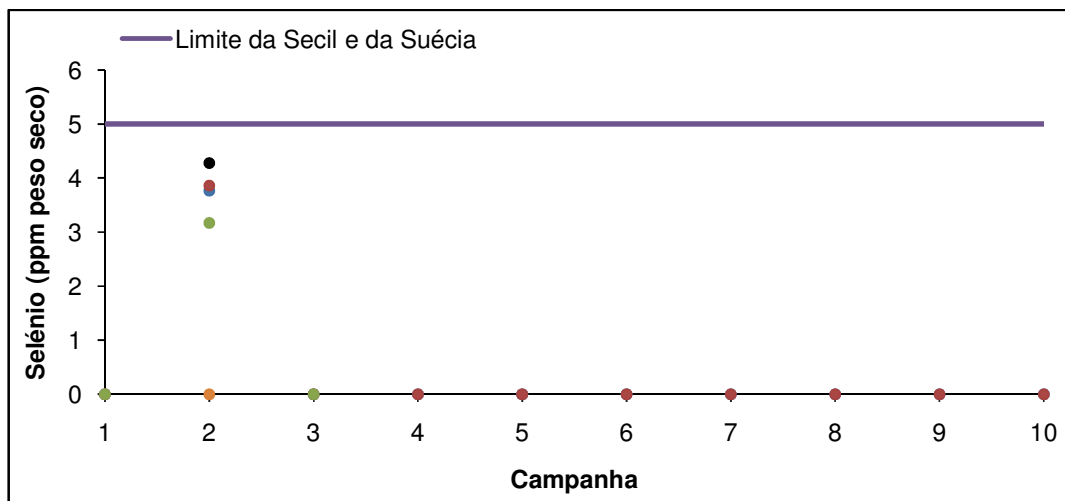


Figura 4.32 Selénio no refugo do embalão.

As concentrações observadas para o Sódio são relativamente constantes, apenas se destacando a campanha 8 com valores mais elevados. (Figura 4.33)

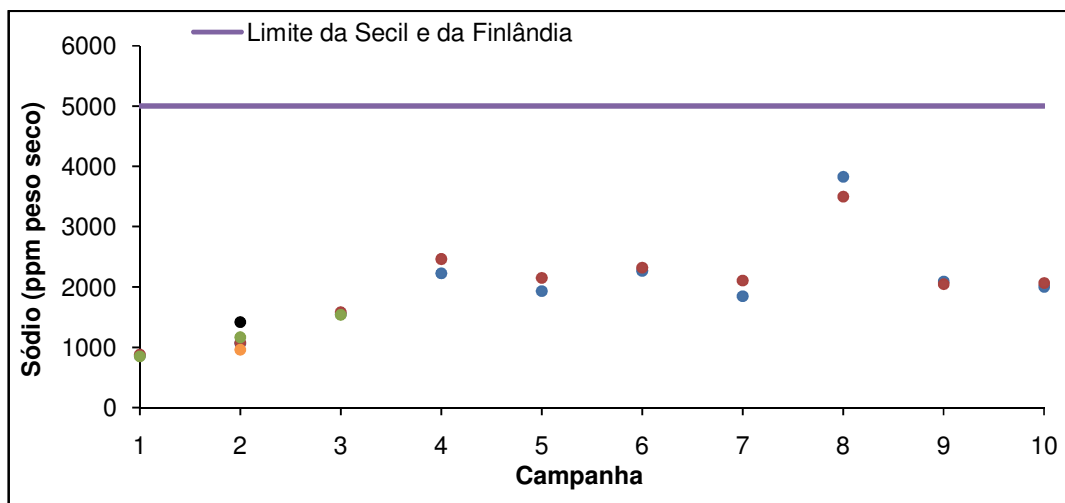


Figura 4.33 Sódio no refugo do embalão

No caso do Antimônio, as campanhas 2 e 7 têm valores acima das concentrações das restantes. (Figura 4.34)

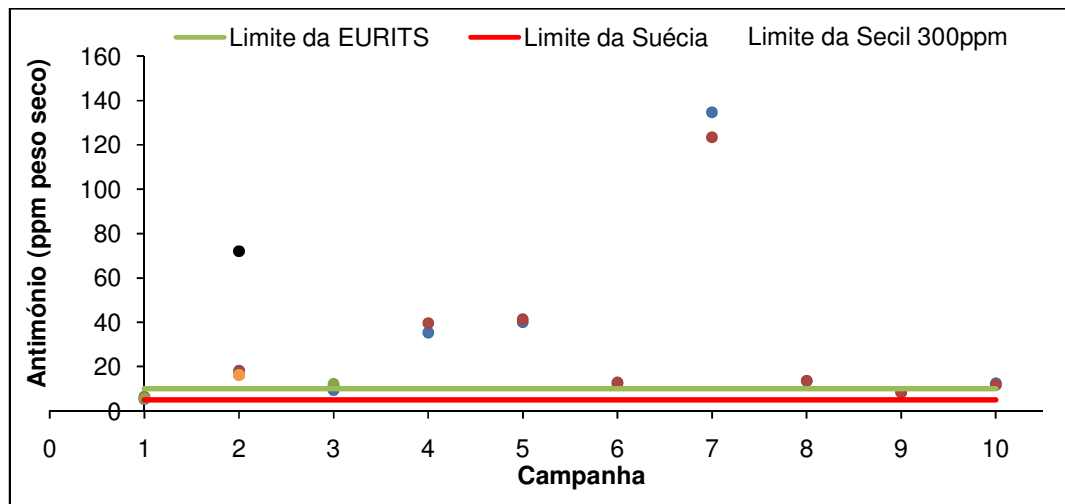


Figura 4.34 Antimônio no refugo do embalão.

Na Figura 4.35 pode observar-se que, para o Vanádio, existe uma grande variação de valores ao longo do estudo.

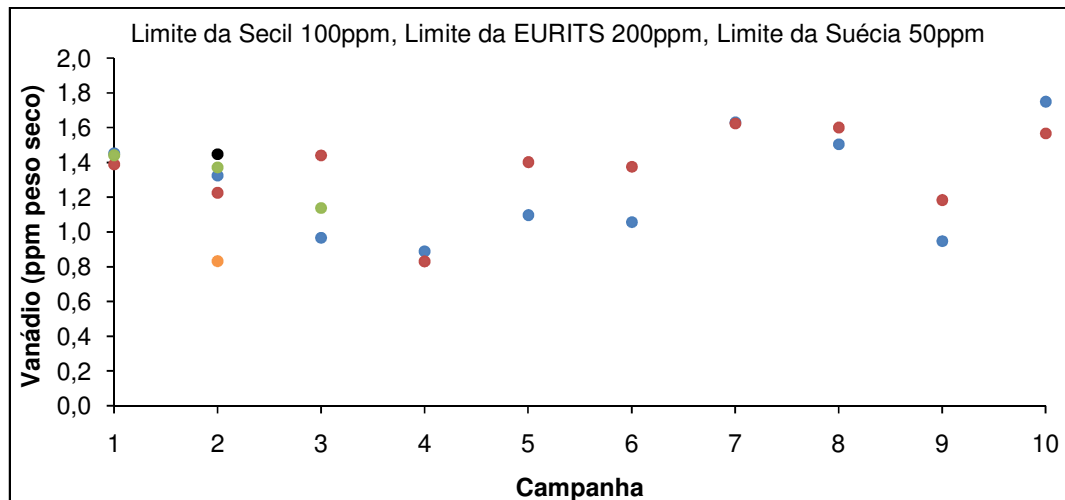


Figura 4.35 Vanádio no refugo do embalão.

As concentrações de Zinco são constantes, com exceção da campanha 8, que tem concentrações superiores às restantes. (Figura 4.36)

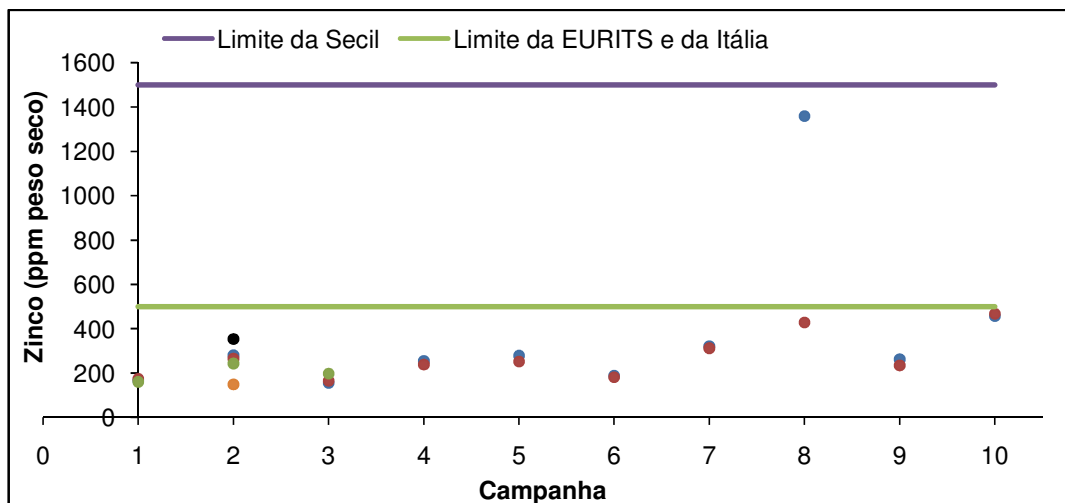


Figura 4.36 Zinco no refugo do embalão.

Os valores de Mercúrio são relativamente constantes. Apenas a campanha 2 tem uma concentração ligeiramente superior. (Figura 4.37)

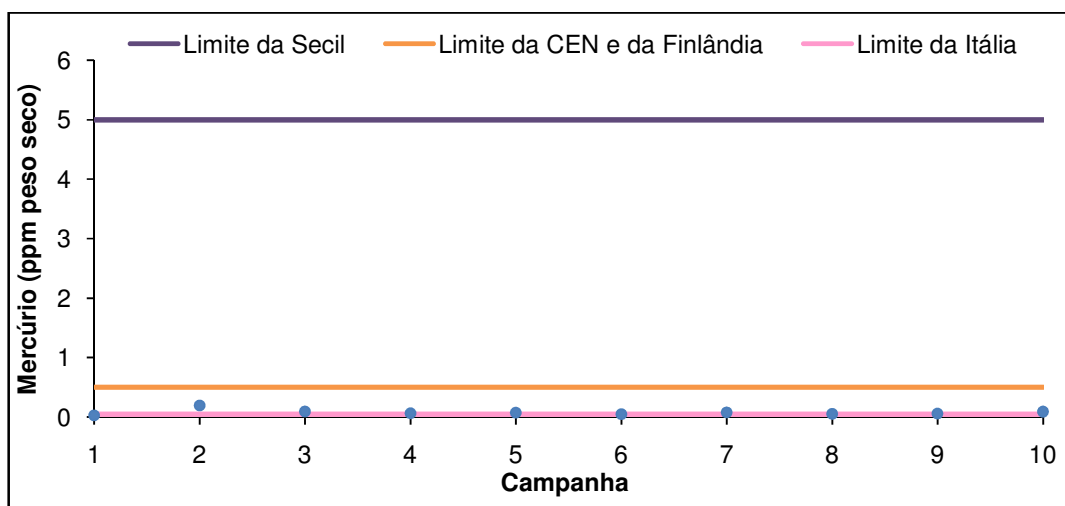


Figura 4.37 Mercúrio no refugo do embalão.

Os limites da CEN e da Finlândia apresentados nas figuras anteriores correspondem à classe mais elevada.

Os valores das figuras anteriores encontram-se no Anexo A.

Os valores em “bruto” de todos os metais, necessários para o cálculo das concentrações representadas nas figuras encontram-se no Anexo B.

Os resultados do teste à aproximação à distribuição Normal estão no Quadro 4.18. Através da sua observação, pode concluir-se que apenas os parâmetros Humidade, PCI, Cinzas, Cobre, Estanho, Potássio e Vanádio tem uma distribuição próxima da Normal.

Quadro 4.18 Teste à aproximação à distribuição Normal, para o refugo do embalão.

Parâmetro	Teste Utilizado	Média (peso seco)	Intervalo da média	Estatística do teste	Número de amostragens	p	Aproximação à Normal
Humidade(%)	-	9,1	[8,6;9,6]	-	182	-	Sim
PCI* (MJ/kg)	-	24,2	[23,0;25,4]	-	37	-	Sim
Cinzas (%)	-	9,7	[9,1;10,4]	-	45	-	Sim
Al (ppm)	SW	6420	[5271,42;7569,86]	0,904	25	0,022	Não
Ba (ppm)	SW	37,9	[13,14; 62,59]	0,565	25	<0,001	Não
Cd (ppm)	SW	1,2	[0,56; 1,75]	0,577	25	<0,001	Não
Pb (ppm)	SW	49,7	[14,50; 84,91]	0,518	25	<0,001	Não
Co (ppm)	SW	15,1	[7,01; 23,20]	0,750	25	<0,001	Não
Cu (ppm)	SW	34,3	[28,15; 40,52]	0,935	25	0,116	Sim
Cr (ppm)	SW	54,3	[38,51; 70,10]	0,900	25	0,019	Não
Sn (ppm)	SW	20,2	[17,66; 22,83]	0,945	25	0,193	Sim
Ni (ppm)	SW	28,3	[8,41; 48,11]	0,515	25	<0,001	Não
K (ppm)	SW	1160	[976,76; 1345,69]	0,928	25	0,077	Sim
Se (ppm)	SW	0,6	[0,02; 1,20]	0,463	25	<0,001	Não
Na (ppm)	SW	1832	[1521,70;2144,17]	0,907	25	0,026	Não
Sb (ppm)	SW	28,0	[13,89; 42,06]	0,629	25	<0,001	Não
V (ppm)	SW	1,3	[1,18; 1,40]	0,927	25	0,072	Sim
Zn (ppm)	SW	301,8	[203,33; 400,18]	0,538	25	<0,001	Não
Hg (ppm)	SW	0,08	[0,05; 0,11]	0,778	10	0,008	Não

* Este Parâmetro encontra-se em peso húmido.

Nota: A denominação peso húmido ou peso seco, não se aplica ao parâmetro Humidade.

Após esta análise, há a necessidade de comparar as médias obtidas com as Normas de qualidade (Quadro 4.19). As médias não podem ser comparadas com a Norma Alemã, uma vez esta se refere a medianas.

Quadro 4.19 Conformidade das médias do refugo do embalão com as Normas de qualidade.

Parâmetro	Média (peso seco)	CEN/TS 343	Secil	EURITS	Finlândia	Itália	Suécia
Humidade (%)	9,1	-	V	-	-	V	V
PCI* (MJ/kg)	24,2	V (classe 2)	-	V	-	V (high quality)	V
Cinzas (%)	9,7	-	-	-	-	V	-
Al (ppm)	6420	-	V	-	-	-	-
Ba (ppm)	37,9	-	V	-	-	-	-
Cd (ppm)	1,2	-	V	-	V (classe II)	-	V
Pb (ppm)	49,7	-	V	V	-	V	V
Co (ppm)	15,1	-	V	V	-	-	V
Cu (ppm)	34,3	-	V	V	-	V	V
Cr (ppm)	54,3	-	V	V	-	V	X
Sn (ppm)	20,2	-	V	V	-	-	V
Ni (ppm)	28,3	-	V	-	-	V	V
K (ppm)	1160	-	V	-	V (classe I)	-	-
Se (ppm)	0,6	-	V	V	-	-	V
Na (ppm)	1832	-	V	-	V (classe I)	-	-
Sb (ppm)	28,0	-	V	X	-	-	X
V (ppm)	1,3	-	V	V	-	-	V

Quadro 4.19 (Continuação) Conformidade das médias do refugo do embalão com as Normas de qualidade.

Parâmetro	Média (peso seco)	CEN/TS 343	Secil	EURITS	Finlândia	Itália	Suécia
Zn (ppm)	301,8	-	V	V	-	V	-
	0,08 ppm						
Hg	0,003** mg/MJ	V (classe 1)	V	-	V (classe I)	X	-

Legenda: V – cumpre o limite da Norma; X – não cumpre o limite da Norma.

* Este parâmetro encontra-se em peso húmido.

** Este parâmetro refere-se a uma mediana dos valores obtidos, e encontra-se em peso h

Nota: A denominação peso húmido ou peso seco, não se aplica ao parâmetro Humidade.

No Quadro 4.20, é feita uma comparação dos máximos com as Normas de qualidade, para todos os valores que não estão próximos da distribuição Normal. Nesta análise não são tidos em consideração alguns valores que se verificaram ser pontuais.

Quadro 4.20 Conformidade dos máximos do refugo do embalão com as Normas de qualidade.

Parâmetro	Máximo (ppm peso seco)	CEN/TS 343	Secil	EURITS	Finlândia	Itália	Suécia
Al (ppm)	9599	-	V	-	-	-	-
Ba (ppm)	198,5	-	V	-	-	-	-
Cd (ppm)	2,9	-	V	-	V	-	V
Pb (ppm)	321,2	-	X	X	-	X	X
Co (ppm)	73	-	X	V	-	-	X
Cr (ppm)	96	-	V	V	-	V	X
Ni (ppm)	40	-	V	-	-	V	V
Se (ppm)	4,3	-	V	V	-	-	V
Na (ppm)	3828	-	V	-	V (classe II)	-	-

Quadro 4.20 (Continuação) Conformidade dos máximos do refugo do embalão com as Normas de qualidade.

Parâmetro	Máximo (ppm peso seco)	CEN/TS 343	Secil	EURITS	Finlândia	Itália	Suécia
Sb (ppm)	134,7	-	v	x	-	-	X
Zn (ppm)	1359	-	v	v	-	v	-
Hg (ppm)	0,2	-	v	-	v (classe III)	x	-

Legenda: v – cumpre o limite da Norma; x – não cumpre o limite da Norma.

Quanto à comparação com os limites da Alemanha, esta terá de ser feita com as medianas de todas as campanhas. Assim, no Quadro 4.21 apresentam-se as medianas dos diferentes metais, bem como o respectivo limite.

Quadro 4.21 Comparação da mediana dos valores registados com a Norma Alemã.

Metal	Mediana (ppm peso seco)	Alemanha
Cd	0,71	v
Pb	17,7	v
Co	5,2	v
Cu	35,9	v
Cr	39,2	v
Ni	11	v
Se	0	v
Sb	13,5	v
V	1,4	v
Hg	0,07	v

Legenda: v – cumpre o limite da Norma; x – não cumpre o limite da Norma.

Terá também interesse, comparar os valores obtidos neste estudo com os encontrados no estudo da Tratolixo (Quadro 4.22).

~

Quadro 4.22 Comparação com os valores obtidos pela Tratolixo.

Parâmetro	Média (peso seco)	Tratolixo ¹⁾ (peso seco)
Humidade (%)	9,1	24,6
PCI* (MJ/kg)	24,2	15,7
Al (ppm)	6420	5200
Ba (ppm)	37,9	340
Cd (ppm)	1,2	<1
Pb (ppm)	49,7	33
Co (ppm)	15,1	<5
Cu (ppm)	34,3	3
Cr (ppm)	54,3	14
Sn (ppm)	20,2	<5
Ni (ppm)	28,3	10
K (%)	0,1	0,14
Se (ppm)	0,6	<1
Na (%)	0,2	0,14
Sb (ppm)	28	<5
V (ppm)	1,3	<1
Zn (ppm)	301,8	72
Hg	0,08	<0,04

*Este parâmetro é expresso em peso húmido.

1) Ribeiro, 2007

4.2 Rejeitado do TMB.

Este capítulo inicia-se com a análise da Humidade, PCI e Cinzas, para se poder efectuar a devida caracterização do resíduo em causa.

Assim, pela observação da Figura 4.38, pode concluir-se que as variações da Humidade, não são significativas, no decorrer deste estudo.

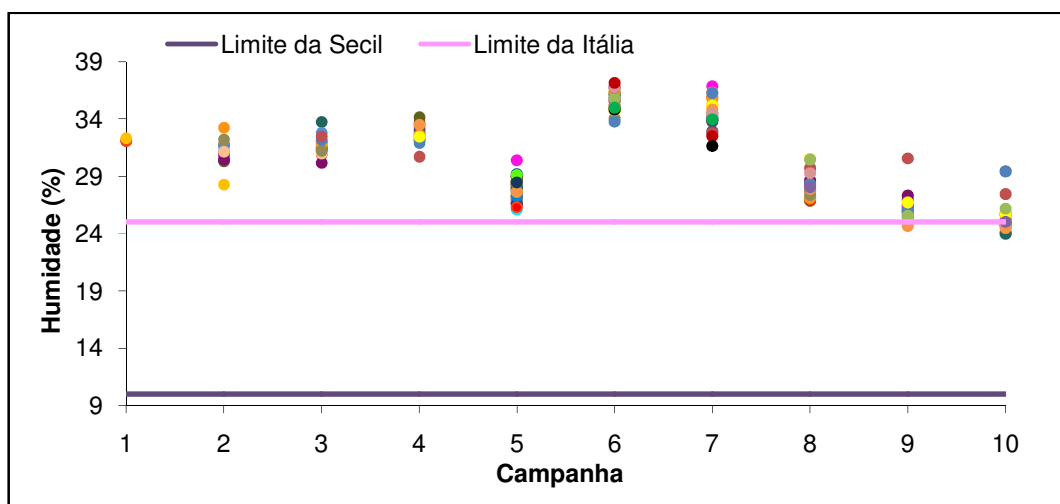


Figura 4.38 Humidade no refugo do TMB.

Também o PCI (Figura 4.39) se mantém constante ao longo das 10 campanhas.

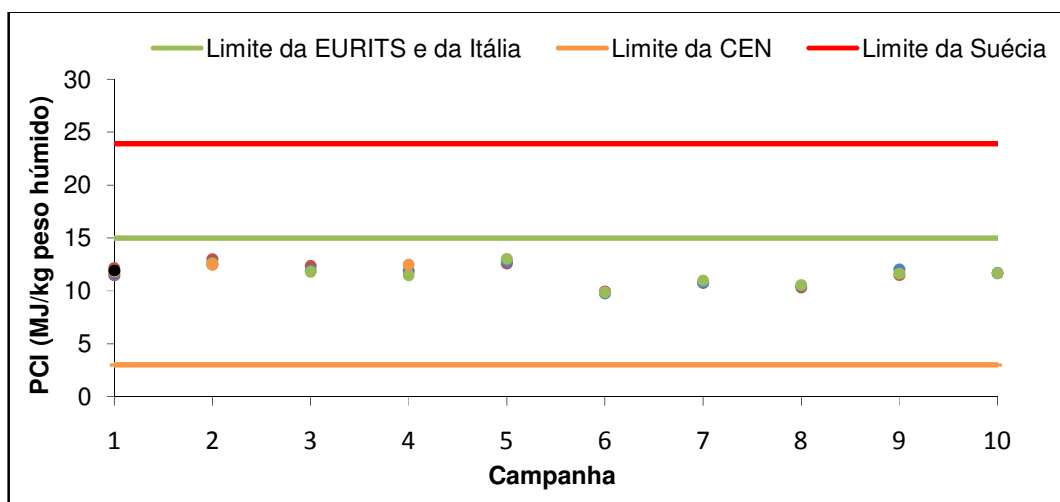


Figura 4.39 PCI no rejeitado do TMB.

O mesmo acontece com as cinzas, que praticamente não variam ao longo do tempo em que decorreram as campanhas. (Figura 4.40)

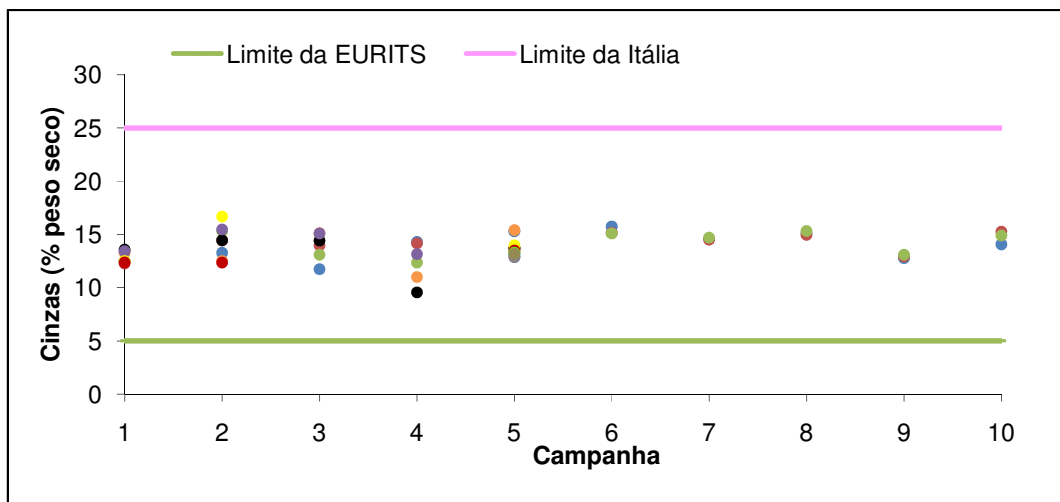


Figura 4.40 Cinzas no rejeitado do TMB.

Em seguida faz-se a mesma análise para todos os metais estudados.

Apesar de maior, a variação para o Alumínio também não é considerável. (Figura 4.41) Destacam-se apenas as campanhas 3 e 4, com valores ligeiramente inferiores aos das restantes campanhas.

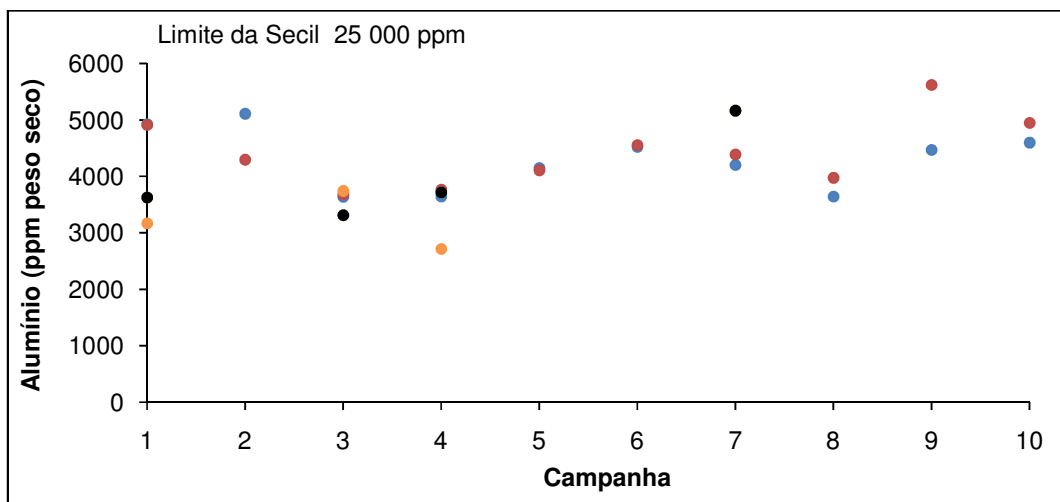


Figura 4.41 Alumínio no rejeitado do TMB.

Em relação ao Bário, há a destacar, principalmente a campanha 1, que apresenta um valor bastante superior às restantes. No entanto, também as campanhas 3, 4 e 7, têm valores elevados. (Figura 4.42)

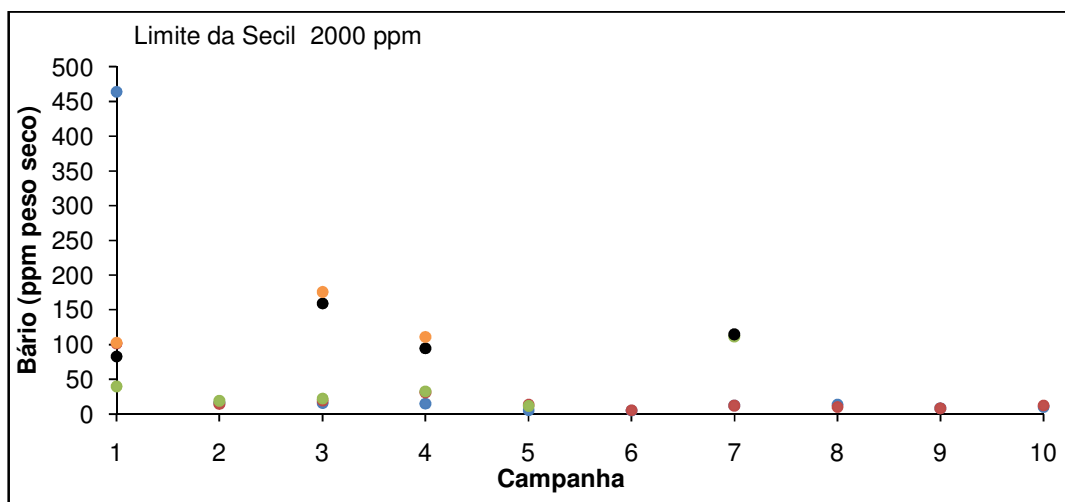


Figura 4.42 Bário no rejeitado do TMB.

No caso do Cádmio, destacam-se as campanhas 1 e 10, com valores superiores aos das outras campanhas. (Figura 4.43)

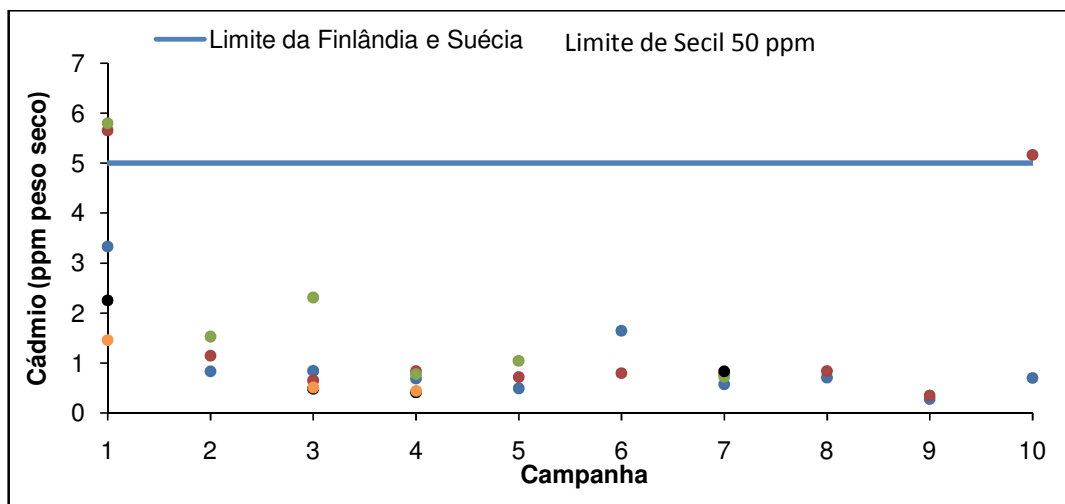


Figura 4.43 Cádmio no rejeitado do TMB.

Excluindo a campanha 7, não há grandes variações nos teores de Chumbo. (Figura 4.44)

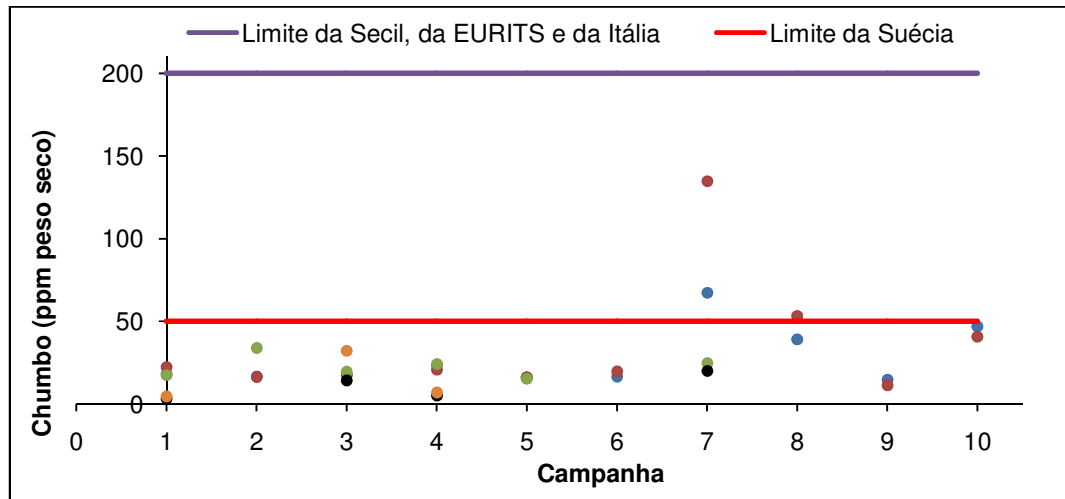


Figura 4.44 Chumbo no rejeitado do TMB.

Pela observação da Figura 4.45, pode concluir-se que, para o Cobalto, apenas a campanha 2 se destaca das restantes, uma vez que os seus valores são superiores.

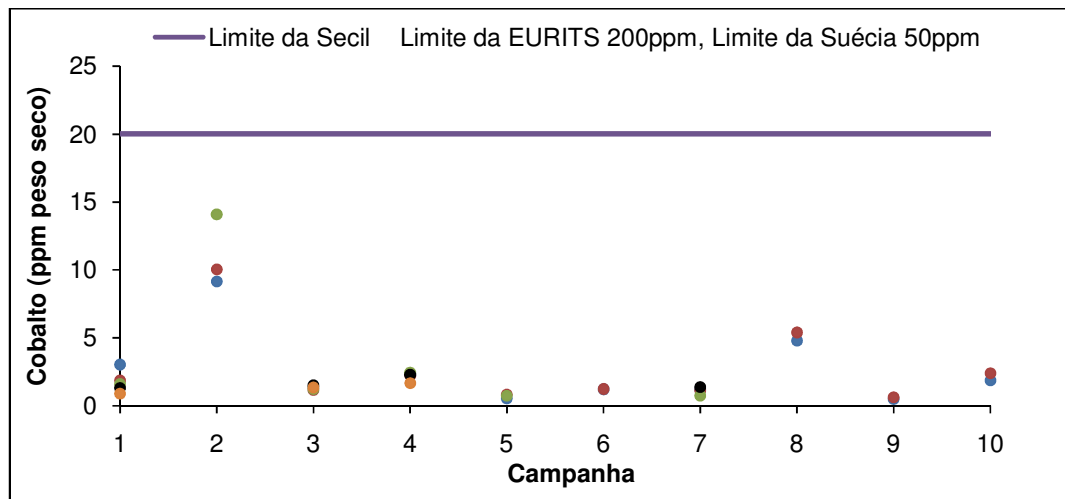


Figura 4.45 Cobalto no rejeitado do TMB.

O caso do Cobre é bastante semelhante ao anterior, mas a campanha com valores mais elevados é a campanha 3. (Figura 4.46)

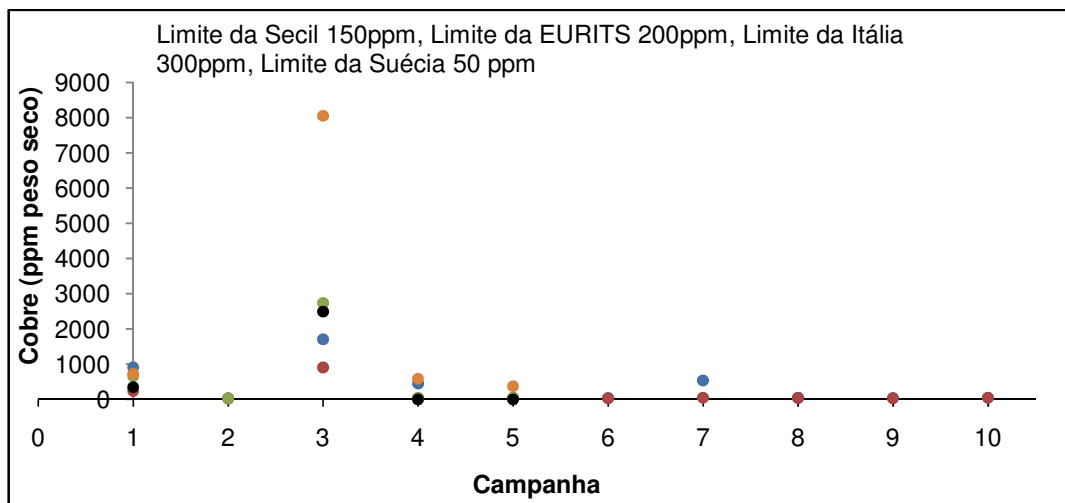


Figura 4.46 Cobre no rejeitado do TMB.

Já no Crómio são duas a campanhas cujos valores são superiores aos restantes, a campanha 1 e 3. (Figura 4.47)

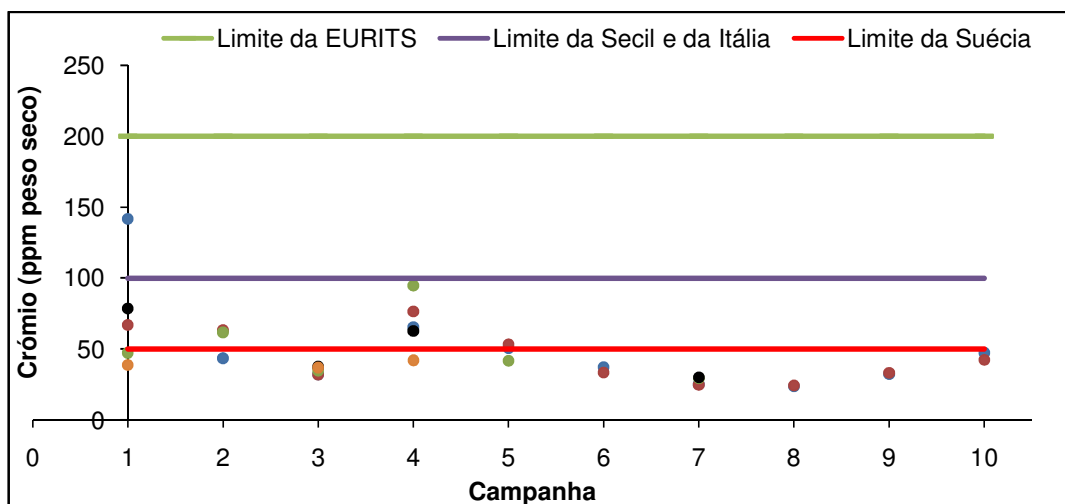


Figura 4.47 Crómio no rejeitado do TMB.

Ao se analisar a Figura 4.48, pode verificar-se que os valores de Estanho variam bastante ao longo das campanhas.

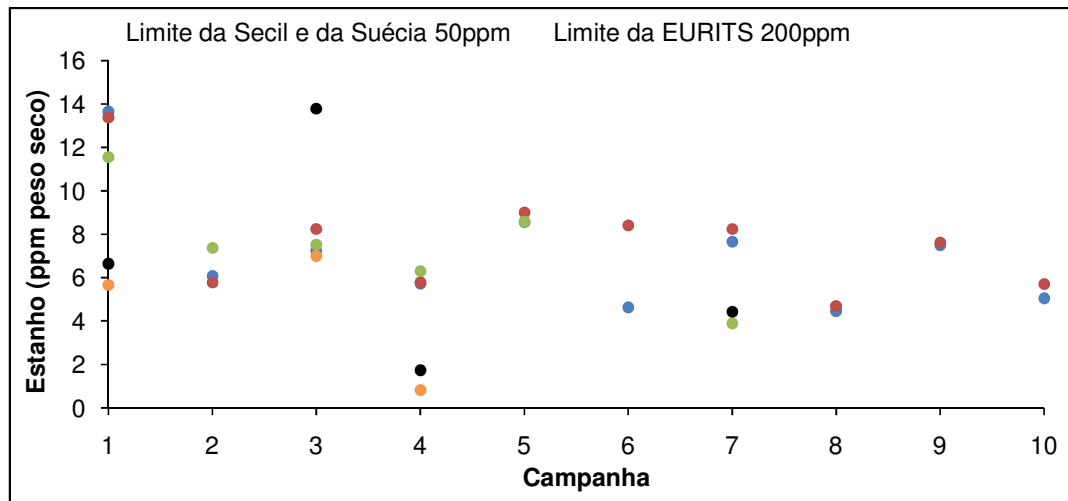


Figura 4.48 Estanho no rejeitado do TMB.

A campanha 1 é aquela que apresenta valores superiores, no caso das concentrações de Níquel. (Figura 4.49)

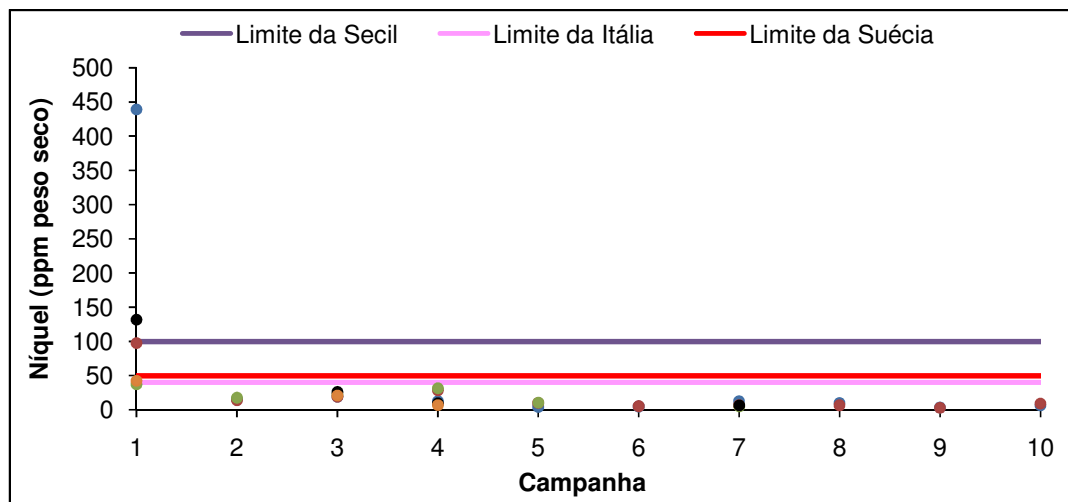


Figura 4.49 Níquel no rejeitado do TMB.

Para o Potássio também existe uma variação considerável de valores, como pode ser observado na Figura 4.50.

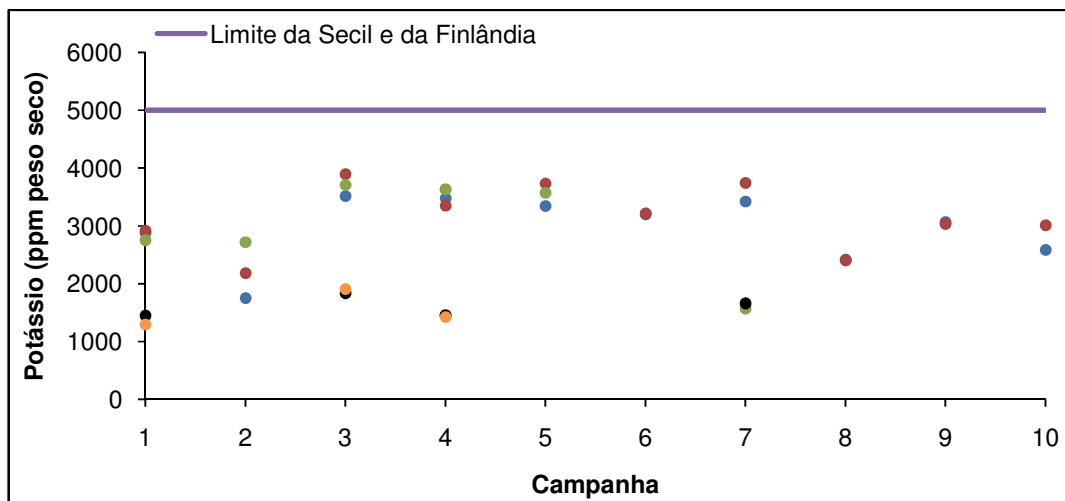


Figura 4.50 Potássio no rejeitado do TMB.

À semelhança do que acontece com o Potássio, o Sódio também apresenta variações significativas ao longo das campanhas. (Figura 4.51)

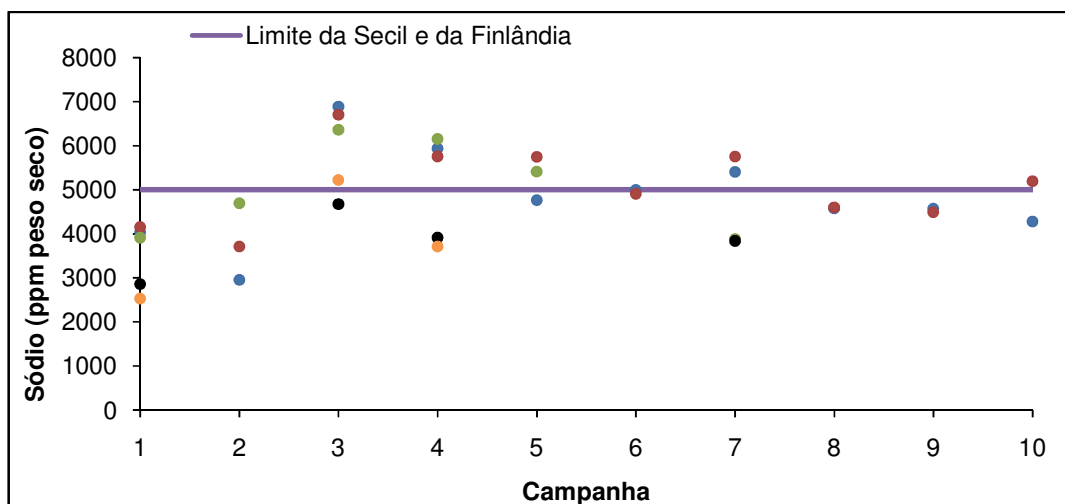


Figura 4.51 Sódio no rejeitado do TMB.

O Antimónio volta a registar valores relativamente constantes, sendo apenas exceções as campanhas 1 e 6. (Figura 4.52)

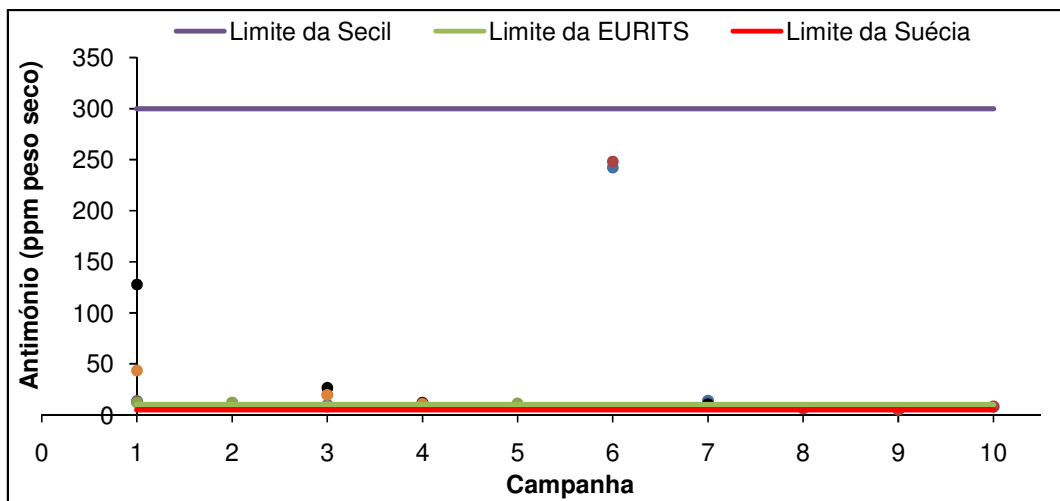


Figura 4.52 Antimónio no rejeitado do TMB.

Para o Vanádio a variação de valores, volta a ser grande, no decorrer do tempo, no qual se desenvolveram as campanhas. (Figura 4.53)

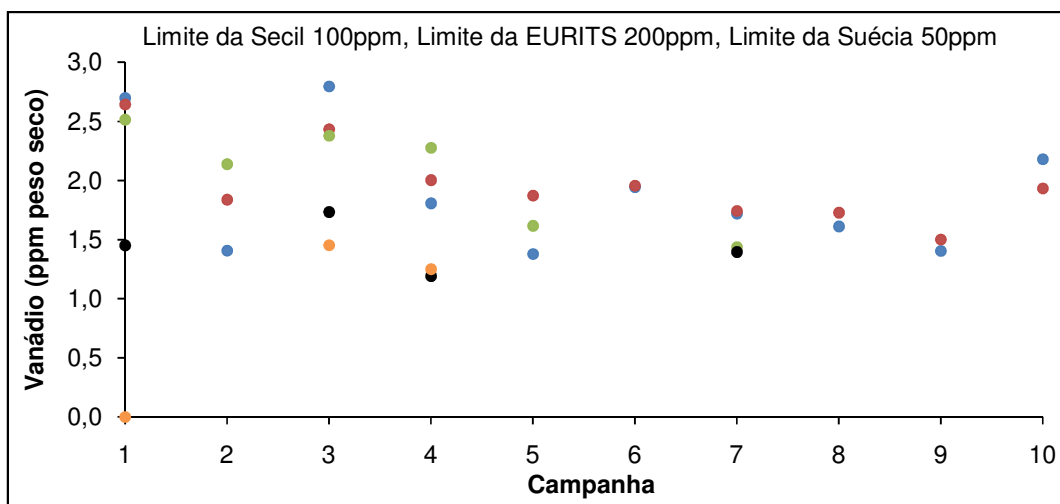


Figura 4.53 Vanádio no rejeitado do TMB.

Pela observação da Figura 4.54, pode concluir-se que o caso do Zinco apresenta um comportamento semelhante ao do Vanádio.

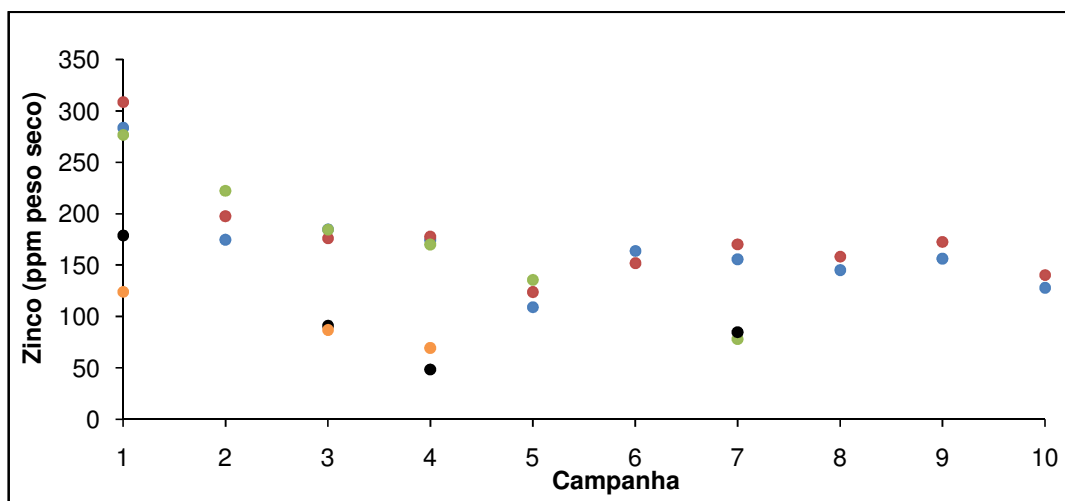


Figura 4.54 Zinco no rejeitado do TMB.

Já o Mercúrio mantém-se constante ao longo das 10 campanhas. (Figura 4.55)

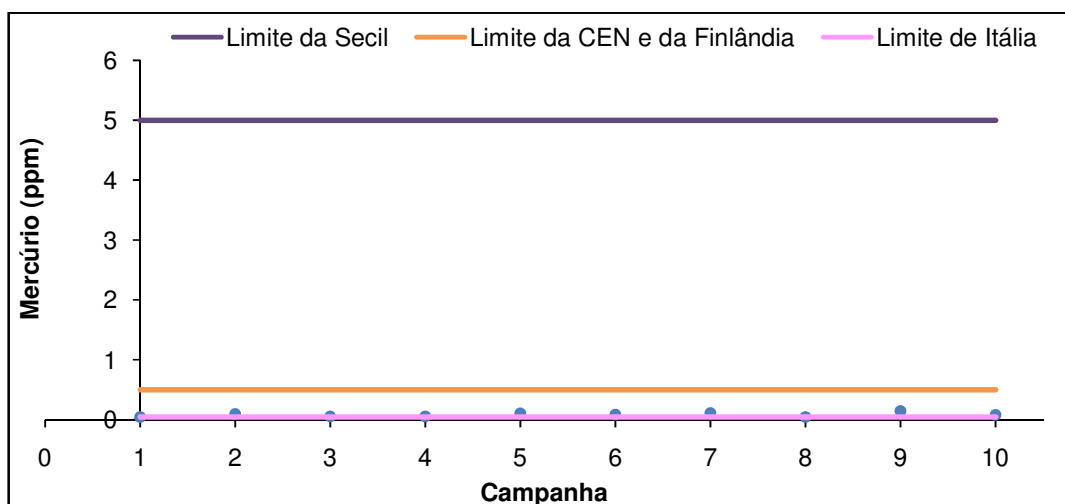


Figura 4.55 Mercúrio no rejeitado do TMB.

Os limites da CEN e da Finlândia apresentados nas figuras anteriores correspondem à classe mais elevada.

Os valores das figuras anteriores encontram-se no Anexo A.

Os valores em “bruto” de todos os metais, necessários para o cálculo das concentrações representadas nas figuras encontram-se no Anexo B.

Os resultados do teste estatístico aplicado encontram-se no Quadro 4.23. Pela sua observação, pode concluir-se que os valores obtidos, para todos os parâmetros estudados, para este resíduos, se aproximam da distribuição Normal.

Quadro 4.23 Teste à aproximação à distribuição Normal, para o rejeitado do TMB.

Parâmetro	Teste Utilizado	Média (peso seco)	Intervalo da média	Estatística do teste	Graus de liberdade	p	Aproximação à Normal
Humidade(%)	-	30,3	[29,7;30,8]	-	183	-	Sim
PCI (MJ/kg)	-	11,6	[11,3;11,9]	-	36	-	Sim
Cinzas (%)	-	13,8	[13,4;14,1]	-	55	-	Sim
Al (ppm)	-	4229	[3959,42;4500,31]	-	33	-	Sim
Ba (ppm)	-	56,8	[25,59; 87,92]	-	33	-	Sim
Cd (ppm)	-	1,4	[0,85; 1,91]	-	33	-	Sim
Pb (ppm)	-	25,8	[17,25; 34,31]	-	33	-	Sim
Co (ppm)	-	2,5	[1,47; 3,61]	-	33	-	Sim
Cu (ppm)	-	647	[117,55; 1176,45]	-	33	-	Sim
Cr (ppm)	-	48,1	[39,45; 56,65]	-	33	-	Sim
Sn (ppm)	-	7,1	[6,00;8,11]	-	33	-	Sim
Ni (ppm)	-	33,3	[5,83;60,77]	-	33	-	Sim
K (ppm)	-	2732	[2440,16;3022,87]	-	33	-	Sim
Na (ppm)	-	4748	[4367,16;5128,67]	-	33	-	Sim
Sb (ppm)	-	29,5	[8,34; 50,61]	-	33	-	Sim
V (ppm)	-	1,8	[1,60; 1,98]	-	33	-	Sim
Zn (ppm)	-	157,7	[136,95; 178,50]	-	33	-	Sim
Hg (ppm)	SW	0,08	[0,06; 0,11]	-	10	0,201	Sim

* Este Parâmetro encontra-se em peso húmido.

Nota: A denominação peso húmido ou peso seco, não se aplica ao parâmetro Humidade.

Após esta análise, realizou-se a comparação das médias obtidas com as Normas de qualidade (Quadro 4.24). As médias não podem ser comparadas com a Norma alemã, uma vez esta se refere a medianas.

Quadro 4.24 Conformidade das médias do rejeitado do TMB com as Normas de qualidade.

Parâmetro	Média (peso seco)	CEN/TS 343	Secil	EURITS	Finlândia	Itália	Suécia
Humidade (%)	30,3	-	x	-	-	x	x
PCI* (MJ/kg)	11,6	v (classe 4)	-	x	-	x	x
Cinzas (%)	13,8	-	-	x	-	v	-
Al (ppm)	4229	-	v	-	-	-	-
Ba (ppm)	56,8	-	v	-	-	-	-
Cd (ppm)	1,4	-	v	-	v (classe II)	-	-
Pb (ppm)	25,8	-	v	v	-	v	v
Co (ppm)	2,5	-	v	v	-	v	v
Cu (ppm)	647	-	x	x	-	x	x
Cr (ppm)	48,1	-	v	v	-	v	v
Sn (ppm)	7,1	-	v	v	-	-	v
Ni (ppm)	33,3	-	v	-	-	v	v
K (ppm)	2732	-	v	-	v (classe II)	-	-
Na (ppm)	4748	-	v	-	v (classe III)	-	-
Sb (ppm)	29,5	-	v	x	-	-	x
V (ppm)	1,8	-	v	v	-	-	v
Zn (ppm)	157,7	-	v	v	-	v	-
	0,08 ppm						
Hg (ppm)	0,009** mg/MJ	v (classe 2)	v	-	v (classe I)	x	-

Legenda: **v** – cumpre o limite da Norma; **x** – não cumpre o limite da Norma.

* Este Parâmetro encontra-se em peso húmido.

** Este parâmetro é referente à mediana dos valores obtidos, e encontra-se em peso húmido

Nota: A denominação peso húmido ou peso seco, não se aplica ao parâmetro Humidade.

Quanto à comparação com os limites da Alemanha, esta terá de ser feita com as medianas de todas as campanhas. Assim, no Quadro.4.25 apresenta-se as medianas dos diferentes metais, bem como o respectivo limite.

Quadro.4.25 Comparação da mediana dos valores registados com a Norma Alemã.

Metal	Mediana (ppm peso seco)	Alemanha
Cd	0,8	v
Pb	18,2	v
Co	1,4	v
Cu	47,1	v
Cr	41,8	x
Ni	12,6	v
Sb	10,9	x
V	1,7	v
Hg	0,08	v

Legenda: v – cumpre o limite da Norma; x – não cumpre o limite da Norma.

Terá também interesse, comparar os valores obtidos neste estudo com os encontrados no estudo da Tratolixo (Quadro 4.26).

Quadro 4.26 Comparação com os valores obtidos pela Tratolixo.

Parâmetro	Média (peso seco)	Tratolixo ¹⁾ (peso seco)
Humidade (%)	30,3	28,2
PCI* (MJ/kg)	11,6	13,3
Al (ppm)	4229	14960
Ba (ppm)	56,8	14
Cd (ppm)	1,4	<1
Pb (ppm)	25,8	16
Co (ppm)	2,5	<5

Quadro 4.26 (Continuação) Comparação com os valores obtidos pela Tratolixo.

Parâmetro	Média (peso seco)	Tratolixo ¹⁾ (peso seco)
Cu (ppm)	647	16
Cr (ppm)	48,1	9
Sn (ppm)	7,1	10
Ni (ppm)	33,3	<5
K (%)	0,3	1,11
Na (%)	0,5	1,11
Sb (ppm)	29,5	10
V (ppm)	1,8	<1
Zn (ppm)	157,7	72
Hg (ppm)	0,08	<0,04

* Este Parâmetro encontra-se em peso húmido.

Nota: A denominação peso húmido ou peso seco, não se aplica ao parâmetro Humidade.

1) Ribeiro, 2007

4.3 Análise comparativa entre o refugo do embalão e o rejeitado do TMB.

Para perceber as diferenças entre os dois tipos de resíduos em estudo, fez-se uma análise comparativa. Para isso, confrontaram-se as médias encontradas para os diferentes parâmetros em estudo.

Assim, iniciou-se esta comparação pelos parâmetros físico-químicos (Figura 4.56). Pela observação desta figura, pode concluir-se que o refugo do embalão tem valores de Humidade, PCI e Cinzas, mais favoráveis que os do rejeitado do TMB.

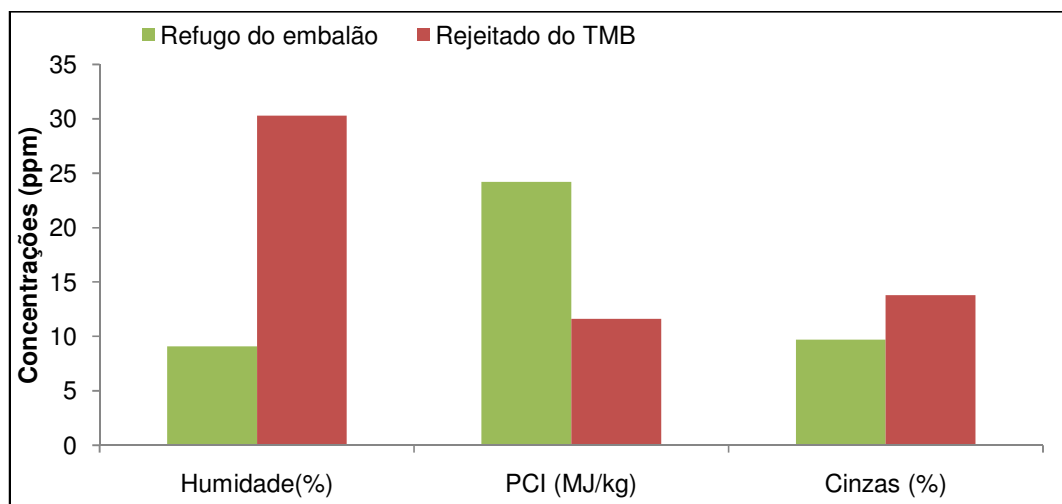


Figura 4.56 Teores dos parâmetros físico-químicos do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Devido ao grande número de metais em estudo, foi necessário dividi-los em grupos conforme a ordem de grandeza das concentrações.

Assim, pela observação da Figura 4.57, pode concluir-se que o refugo do embalão apresenta teores mais elevados de Alumínio e Zinco, ao passo que o rejeitado do TMB tem valores superiores de Potássio e Sódio.

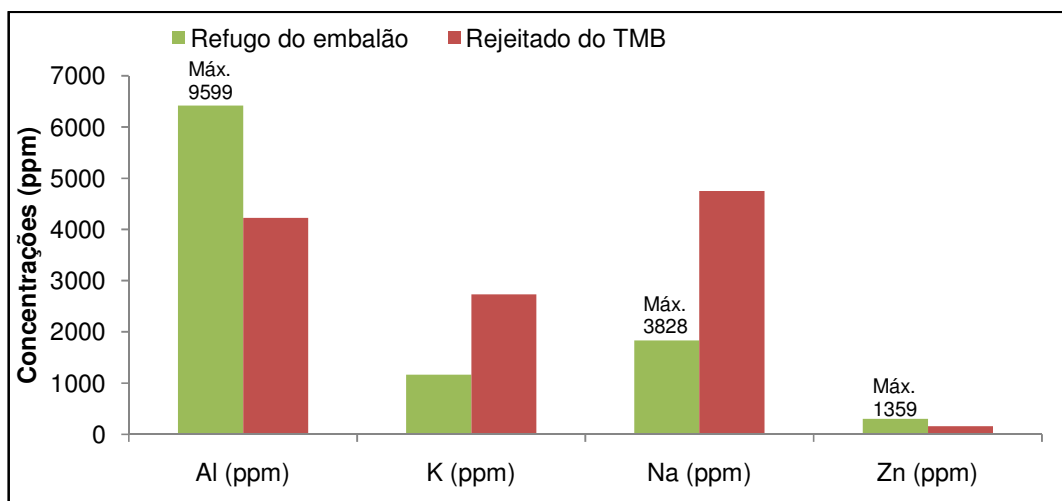


Figura 4.57 Teores em metais no refugo do embalão e no rejeitado do TMB. (Alumínio, Potássio, Sódio e Zinco)

Já na Figura 4.58, pode observar-se que as concentrações de metais apenas são superiores no rejeitado do TMB, para os casos do Bário, Níquel e Antimónio.

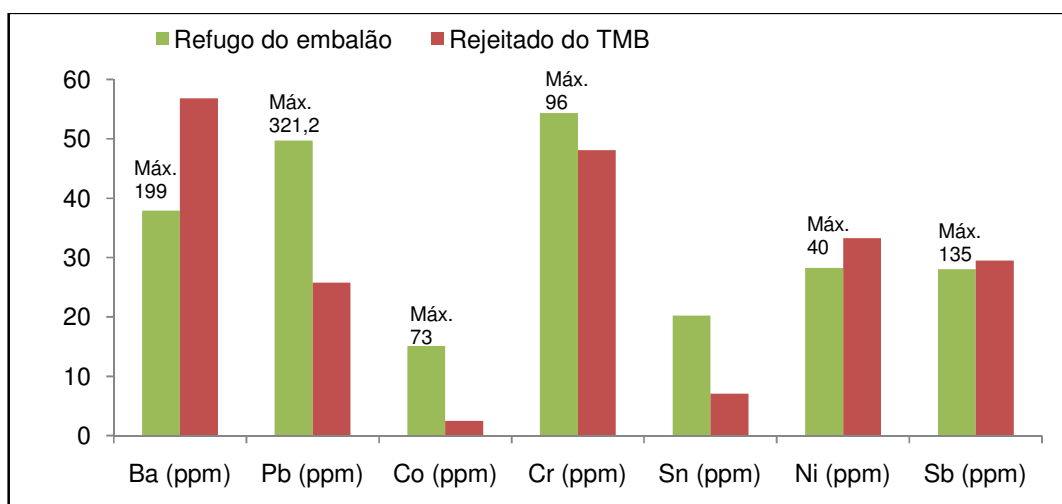


Figura 4.58 Teores em metais no refugo do embalão e no rejeitado do TMB. (Bário, Chumbo, Cobalto, Crómio, Estanho, Níquel e Antimónio)

Para o Cádmio e o Vanádio, o resíduo que apresenta concentrações superiores é o rejeitado do TMB, sendo que ambos os resíduos apresentam a mesma concentração de Mercúrio. (Figura 4.59)

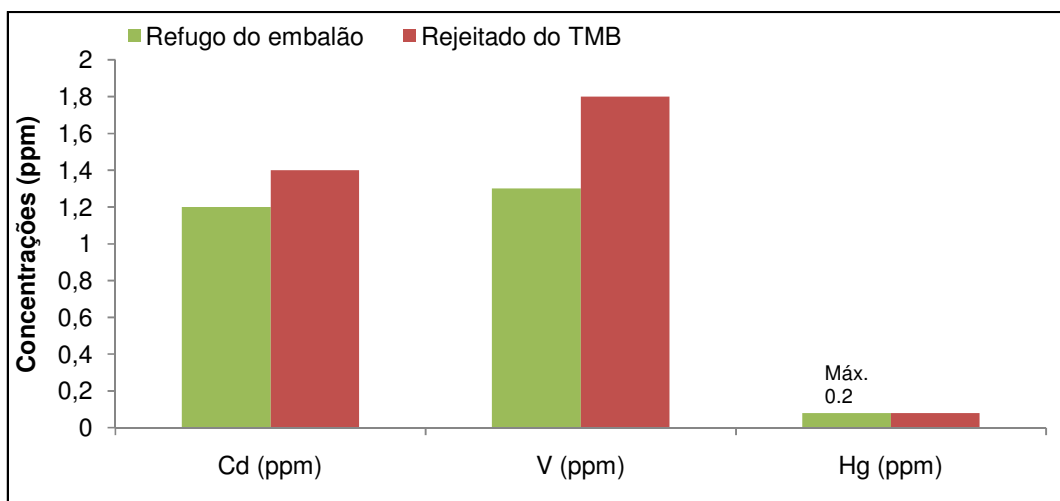


Figura 4.59 Teores em metais no refugo do embalão e no rejeitado do TMB. (Cádmio, Vanádio e Mercúrio)

O Cobre foi analisado numa figura diferente, uma vez que existe uma grande diferença de grandeza entre a concentração deste metal no refugo do embalão e do rejeitado do TMB, sendo os valores de concentração para este último muito superiores. (Figura 4.60).

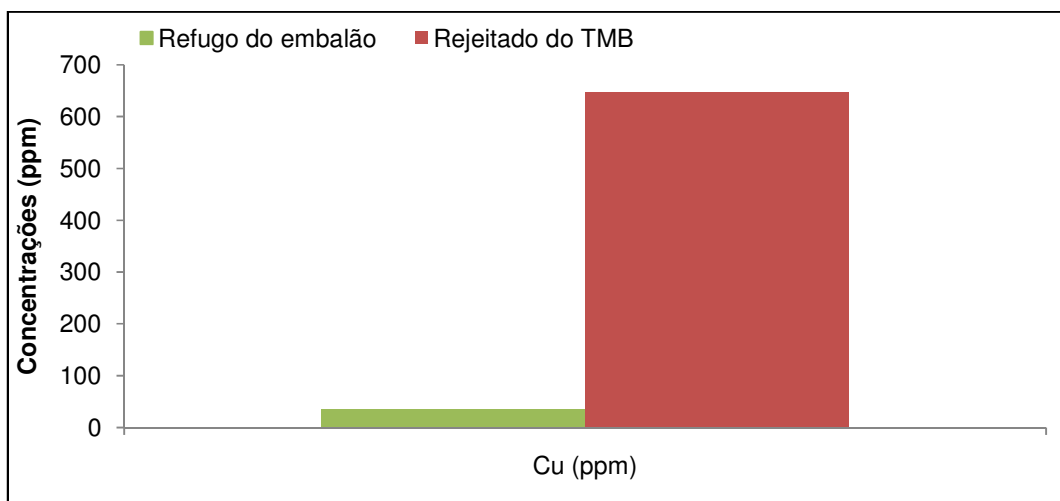


Figura 4.60 Teor de Cobre no refugo do embalão e no rejeitado do TMB.

5. Síntese dos Resultados Obtidos

Pela observação das figuras que representam a dispersão dos valores obtidos ao longo das campanhas, para o refugo do embalão, pode concluir-se que os parâmetros que apresentam uma maior dispersão são a Humidade, Alumínio, Cobalto, Crómio e Vanádio. Ao passo que, para o rejeitado do TMB, os parâmetros que estão nas mesmas condições são o Estanho, Potássio, Sódio, Vanádio e Zinco. O Vanádio é o único parâmetro que regista este tipo de comportamento em ambos os resíduos.

Ao compararem-se as médias obtidas, com as diversas Normas apresentadas, verifica-se que, para o refugo do embalão, os parâmetros que não cumprem as Normas são:

- Crómio na Norma da Suécia;
- Antimónio nas Normas da EURITS e Suécia;
- Mercúrio na Norma de Itália.

Tendo em consideração a análise efectuada às Normas, pode concluir-se que os metais do refugo do embalão apresentam incumprimentos nas Normas que têm como principal preocupação as propriedades de queima dos resíduos. O Mercúrio, na Norma de Itália, não cumpre o limite definido para a qualidade mais elevada mas cumpre a qualidade Standard

Já para as médias do rejeitado do TMB, os parâmetros que registam incumprimentos relativamente às Normas são:

- Humidade nas Normas da Secil, Itália e Suécia;
- PCI nas Normas da EURITS, Itália e Suécia;
- Cinzas na Norma da EURITS;
- Cobre em todas as Normas;
- Antimónio nas Normas da EURITS e Suécia;
- Mercúrio na Norma de Itália.

A comparação das Normas, permite concluir que os parâmetros, do rejeitado do TMB, que determinam a qualidade de queima do RDF apresentam incumprimentos nas Normas da EURITS, Secil, Itália e Suécia, que são as que dão especial importância aos mesmos. Quanto aos metais, à excepção do Cobre, verifica-se o mesmo que no refugo do embalão, ou seja, apresentam incumprimentos nas Normas que têm como foco principal a queima.

Assim, comparando ambos os resíduos, pode concluir-se que o rejeitado do TMB reúne mais incumprimentos às Normas, nomeadamente no que respeita aos parâmetros que representam a qualidade de queima.

Na análise dos máximos do refugo do embalão, os parâmetros que registam incumprimentos são o Chumbo, nas Normas da Secil, EURITS, Itália e Suécia, o Cobalto, nas Normas da Secil e Suécia, o Crómio, na Norma da Suécia e o Mercúrio na Norma de Itália. Mais uma vez estas Normas não dão especial importância aos metais.

Para o refugo do embalão, todos os parâmetros analisados cumprem os limites da Norma alemã. Já para o rejeitado do TMB, o Crómio e o Antimónio apresentam incumprimentos para a mesma Norma.

Comparando agora os valores das concentrações encontrados neste estudo com os valores encontrados pela Tratolixo, conclui-se que para o refugo do embalão, apenas a Humidade, PCI, Bário e Potássio têm valores favoráveis em relação à Tratolixo. Já para o rejeitado do TMB os parâmetros cujos valores são inferiores aos da Tratolixo são o Alumínio, Cobalto, Estanho, Potássio e Sódio.

Assim, tendo em conta o Quadro 2.10, apresentado no capítulo da Revisão Bibliográfica, pode referir-se que se retirarmos alguns materiais potencialmente contaminantes, pode diminuir-se a concentração de alguns metais problemáticos. No Quadro 5.27 encontram-se os tipos de resíduos que mais contribuem para as concentrações dos metais que revelaram ter concentrações acima do esperado.

Quadro 5.27 Principais resíduos que contribuem para as concentrações dos metais problemáticos.
(Adaptado de Vassilev e Braekman-Danheux, 1999)

		Metais				
		Cu ²⁾	Co ¹⁾	Cr ^{1), 2)}	Sb ^{1), 2)}	Hg ^{1), 2)}
Resíduos	Plásticos	v	-	v	v	v (PVC)
	Papel	v	-	v	-	-
	Cartão	-	-	v	-	-
	Vidro	-	v	v	v	-
	Borrachas	-	-	-	v	-
	Organometálicos	v	v	-	-	-

Quadro 5.27 (Continuação) Principais resíduos que contribuem para as concentrações dos metais problemáticos. (Adaptado de Vassilev e Braekman-Danheux, 1999)

	Metais				
	Cu ²⁾	Co ¹⁾	Cr ^{1), 2)}	Sb ^{1), 2)}	Hg ^{1), 2)}
Tintas	V	-	V	-	V
Corantes	-	V	V	V	V
Baterias	-	-	-	V	V
Tinteiros	V	-	-	-	-
Pilhas	V	-	V	-	V
Ligas	V	V	V	V	V
Aço	V	-	V	-	-
Têxteis	-	-	-	V	-
Semicondutores	-	-	-	V	-
Condutores	V	-	-	-	-
Cerâmicas	-	V	-	-	-
Cabos	-	-	-	V	-
Restos de peixe	-	-	-	-	V
Materiais de construção	V	-	-	-	-
Resíduos de Jardim	V	-	-	-	-
Fungicidas	V	-	-	-	V
Herbicidas	-	-	-	-	V
Ímanes	-	V	-	-	-
Combustíveis	-	V	-	-	-
Materiais não combustíveis	-	-	V	-	-
Fertilizantes	-	V	-	-	-
Peles de animais	-	-	V	-	-
Materiais Pirotécnicos	-	-	-	V	V
Medicamentos	-	-	-	V	V
Termômetros	-	-	-	-	V
Lâmpadas	-	-	-	-	V
Lâmpadas Fluorescentes	-	-	-	-	V

¹⁾ Metais no refugo do embalão que apresentam incumprimentos.

²⁾ Metais no rejeitado do TMB que apresentam incumprimentos.

Da análise do quadro anterior verifica-se que os principais resíduos que contribuem para a concentração dos metais são:

- Plásticos;
- Vidro;
- Tintas;
- Corantes;
- Pilhas;
- Ligas;

Durante a triagem dos resíduos para este estudo foram retirados alguns materiais mencionados, pelo que se pode concluir que o vidro e as pilhas, não contribuíram directamente para as concentrações encontradas. Também resíduos como latas de tintas ou de corantes e ligas de grandes dimensões foram retirados, para se prevenir uma possível danificação do triturador. No entanto, a contaminação já poderia ter ocorrido, a montante, devido ao contacto entre os resíduos e estes materiais, o que requer um cuidado especial durante o processo de triagem para a produção de RDF. Já os plásticos, têm um poder calorífico elevado, logo, se retirados empobrece-se o futuro RDF, em termos de PCI.

Da comparação entre as médias do refugo do embalão e do rejeitado do TMB, conclui-se que, o rejeitado do TMB apresenta teores mais desfavoráveis de:

- Humidade;
- PCI;
- Cinzas;
- Potássio;
- Sódio;
- Bário;
- Níquel;
- Antimónio;
- Cádmio;
- Vanádio;
- Cobre.

Logo, o refugo do embalão tem genericamente uma qualidade superior ao rejeitado do TMB, uma vez que tem menos parâmetros com teores desfavoráveis em relação ao outro resíduo em estudo.

6. CONCLUSÕES

No âmbito do trabalho realizado quantificaram-se os metais no refugo da estação de triagem dos resíduos depositados no embalão de Palmela e no rejeitado da estação de TMB de Setúbal, nomeadamente o Alumínio, o Bário, o Cádmio, o Chumbo, o Cobalto, o Cobre, o Crómio, o Estanho, o Níquel, o Potássio, o Selénio, o Sódio, o Antimónio, o Vanádio, o Zinco e o Mercúrio e avaliaram-se as características destes resíduos para a produção de RDF ou SRF, tendo-se concluído que apenas os limites impostos pela CEN/TS 343, e pela Norma da Finlândia para a produção de RDF são cumpridos e que em todas as restantes Normas analisadas (Alemanha, Itália, Suécia, Secil e EURITS) existem incumprimentos.

Assim, sugere-se a caracterização química dos componentes do refugo do embalão e do rejeitado do TMB identificados como contaminantes do RDF, nomeadamente tintas, corantes e ligas, quanto à sua concentração em Cobre, Crómio, Antimónio e Mercúrio, de forma a melhorar as características destes resíduos para a produção de combustível.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Archer, E., Baddeley, A., Klein, A., Schwager, J., Whiting, K., (2005), *Mechanical-Biological Treatment: A Guide for Decision Makers. Processes, Policies & Markets. Summary report*, Juniper Consultancy Services, Ltd.
- Bolwerk, R., (2005), *Co-processing of Waste in Cement Plants. Workshop da European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law*, Maio de 2005, Zwolle, Holanda.
- Burnley S. J., (2006), *A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom*, Department of Environmental and Mechanical Engineering, The Open University, United Kingdom.
- CEN/TS 15359:2006, *Solid Recovered Fuels - Specifications and classes*.
- CEN/TS 15400:2005, *Solid Recovered Fuels - Methods for the determination of calorific value*
- CEN/TS 15403:2006, *Solid Recovered Fuels - Methods for the determination of ash content*.
- CEN/TS 15414-3:2006, *Solid Recovered Fuels - Determination of moisture content using the oven dry method - Part 3: Moisture in general analysis sample*.
- Costley, C., T., Mossop, K., F., Dean, J., R., Garden, L., M., Marshall, J., Carroll, J., (1999), *Determination of mercury in environmental and biological samples using pyrolysis atomic absorption spectrometry with gold amalgamation*, School of Applied and Molecular Sciences, University of Northumbria, Newcastle. 20 de Setembro 1999.
- Dias, S., Silva, R., Barreira, F., Costa, M., (2006), *Avaliação do potencial de produção e utilização de CDR em Portugal continental*, Estudo Base. Centro de Engenharia Biológica e Química, Instituto Superior Técnico. Julho de 2006.
- Díaz-Somoano, M., Unterberger, S., Hein, K.R.G., (2005), *Prediction of trace element volatility during co-combustion processes*, Institute of Process Engineering and Power Plant Technology, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD), Universität Stuttgart, Germany.
- Dunnu, G., Hilber, T., Schnell, U., (2006), *Advanced Size Measurements and Aerodynamic Classification of Solid Recovered Fuel Particles* Institute of Process Engineering and Power Plant Technology (IVD), University of Stuttgart, Germany.
- EN 13346:2000, *Characterization of sludges – Determination of trace elements and phosphorus – Aqua Regia extraction methods*.

- Formosinho, S., J., Pio, C., A., Barros, J., H., Carvalheiro, J., R., (2000), *Parecer Relativo ao tratamento de Resíduos Industriais Perigosos*, Comissão Científica de controlo e Fiscalização ambiental da co-Incineração.
- Garg, A., Smith, R., Hill, D., Sims, N., Pollard, S., (2007), *Wastes as Co-Fuels: The Policy Framework for Solid Recovered Fuel (SRF) in Europe, with UK Implications*, Sustainable Systems Department, School of Applied Sciences, Cranfield University, Cranfield, London, UK.
- Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K.J., Davis, R., Giegrich, J., Fehrenbach, H., Gromke, U., Bufalo, N., Hogg, D., (2003), *Refuse derived fuel, current practice and perspectives*, Final report. European Commission – Directorate General Environment.
- Guimarães, R. C., Cabral, J.A.S., (2007), *Estatística*, 2ªEdição, McGrawHill.
- Harfner, W., Weihs, G., (1998), *IMPEL Workshop on Licensing and Enforcement Practices in Cement Plants Using Alternative Fuels – Final Report*, Austria.
- IARC (2006) – International Agency for Research on Cancer, Complete List of Agents Evaluated and their Classification.
- Jung, C.H., Matsuto, T., Tanaka, N., (2006), *Flow analysis of metals in a municipal solid waste management system*, Laboratory of Solid Waste Disposal Engineering, Graduate School of Engineering, Japan.
- Martinho, G., Pires, A., (2006), *Fase D – Alternativas para a utilização energética dos RSU e dos Fluxos especiais de resíduos*, Contrato nº10/04 – Relatório Final, Anexo D. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Janeiro de 2006.
- Mokrzycki, E; Uliasz-Bocheńczyk, (2003), *Alternative Fuels for the Cement Industry. Applied Energy*.
- Ollila, H.J., Moilanen, A., Tiainen, M.S., Laitinen, R.S., (2006), *SEM-EDS characterization of inorganic material in refuse-derived fuels*, Department of Chemistry, University of Oulu, Finland.
- RAL, (2003), Quality label for solid recovered fuels; *Instructions for taking, preparing and analysing samples of solid recovered fuels within the framework*. Novembro 2003.
- Ribeiro, R., 2007, “Combustíveis derivados de resíduos na Tratolixo”, Tratolixo, Instituto Superior Técnico, no âmbito da 8ª Conferência do Ambiente, Março de 2007.
- Rotter, V., S., Kost T., Winkler J., Bilitewski B., (2004), *Material flow analysis of RDF-production processes*, Department of Waste Management, Technical University Berlin, Germany, u&i

- umwelttechnik und ingenieure GmbH, Germany, Institute for Waste Management and Contaminated Site Treatment, Technical University Dresden, Germany.
- Sørum, L., Frandsen, F. J., Hustad, J. E., (2004), *On the fate of heavy metals in municipal solid waste combustion. Part II. From furnace to filter*, SINTEF Energy Research, Department of Thermal Energy, Norway, Department of Chemical Engineering, Technical University of Denmark, Denmark, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Norway.
 - Vassilev, S. V., Braekman-Danheux C., (1999), *Characterization of refuse-derived char from municipal solid waste, 2. Occurrence, abundance and source of trace elements*, Central Laboratory of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences Appliquées, Service de Chimie Générale et Carbochimie, Belgium.
 - Weiss, N. A., (1993), *Elementary Statistics*, 2ª Edição, Addison-Wesley Publishing Company.
 - Youcai Z., Stucki S., Ludwig Ch., Wochele J., (2004), *Impact of moisture on volatility of heavy metals in municipal solid waste incinerated in a laboratory scale simulated incinerator*, The State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai, China, Laboratory for Energy and Materials Cycles (LEM), Paul Scherrer Institut, Switzerland.
 - Zucchelli, L., (2005), *Energy recovery from MSW through Production of High Quality RDF (CDR-P). The pirelli experience in the basin of Cuneo (Italy)*. In: Cossiers, J. (ed), QUOVADIS Waste-to-Fuel Conversion, A Thinkshop, 211. *Workshop realizado pela DG JRC em Ispra, Itália, Abril de 2005*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo

ANEXO A – Resultados da Caracterização Físico-Química

Tabela A.1 - Humidade do refugo do embalão e do rejeitado do TMB por campanha.

Humidade do Refugo do Embalão (%)										Humidade do Rejeitado do TMB (%)									
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
10,0	5,7	14,2	17,6	6,2	10,3	8,9	8,4	7,4	5,0	32,1	31,7	31,3	33,7	27,8	34,9	33,9	26,9	26,6	24,1
8,8	5,0	14,4	18,4	5,3	10,4	8,6	8,1	7,7	6,6	32,1	31,1	30,9	33,5	29,0	36,3	35,9	27,0	25,5	25,7
13,7	5,4	13,0	18,2	6,9	10,6	9,4	7,4	8,2	6,1	32,4	28,3	31,9	32,8	28,7	34,8	35,3	27,4	25,7	24,6
10,2	5,4	15,0	16,1	7,3	10,1	8,0	8,2	8,2	5,7		30,4	33,8	33,0	28,3	36,2	33,8	28,2	26,3	24,0
	5,0	12,5	16,2	8,4	11,7	8,5	9,0	8,6	5,5		30,8	32,0	32,2	30,4	35,6	36,9	28,4	26,3	25,2
	5,7	13,0	15,3	6,6	11,7	9,8	8,3	7,4	6,0		31,6	32,8	32,7	27,7	35,8	34,6	27,2	25,1	25,7
	5,1	13,4	14,9	8,1	10,6	8,6	9,7	7,8	5,4		30,3	31,4	34,1	29,0	36,0	34,1	27,8	26,0	24,8
	5,5	14,6	15,5	7,8	10,6	9,9	9,2	8,1	5,7		31,0	31,6	33,2	27,2	36,8	32,9	27,8	27,0	24,9
	5,0	13,8	16,9	7,4	10,8	10,9	8,7	8,1	6,1		30,5	30,2	32,2	26,6	35,2	34,0	28,7	27,3	24,8
	4,6	14,3	15,1	6,9	10,8	9,6	9,2	7,9	5,8		33,3	31,8	32,6	28,2	36,4	35,8	27,1	25,8	25,6
	5,9	13,1	13,6	7,1	10,9	8,3	7,6	9,2	6,5		31,2	31,0	32,2	27,0	35,3	36,3	27,4	25,1	24,8
	5,2	13,7	15,2	5,8	9,5	10,0	8,1	8,3	6,8		32,2	31,2	32,5	28,4	34,1	34,3	27,4	25,9	29,5
	4,5	14,3	17,5	7,8	11,3	9,2	7,7	8,5	6,3			32,2	31,9	27,0	33,8	36,3	28,4	26,1	29,4
	4,5	13,3	13,7	6,2	11,1	8,7	8,1	9,4	7,2			32,5	30,7	26,9	35,6	32,7	29,8	30,6	27,4
	4,7		15,8	6,9	10,6	8,6	8,2	8,8	6,8			32,5	27,3	34,8	35,2	30,5	26,7	25,7	
	4,9		15,5	7,6	11,6	8,6	8,2		5,2			33,5	27,9	35,1	34,9	27,9	24,7	24,5	
	5,5		13,7	7,3	10,5	8,5	9,0		6,2				27,7	35,8	34,4	30,5	25,6	26,2	
	5,1		13,7	7,7	10,3	9,2	9,4		5,8				27,4	36,7	34,1	28,1		25,1	
	5,5			6,5	9,4	7,7	8,0		7,0				28,0	36,8	34,4	29,3			

Tabela A.1 - Humidade do refugo do embalão e do rejeitado do TMB por campanha.

Humidade do Refugo do Embalão (%)										Humidade do Rejeitado do TMB (%)									
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	4,3			7,2	9,9	8,4	7,7							28,4	37,2	32,5			
				6,7	11,0	8,8	8,3							28,9	34,8	31,6			
				6,7		8,3	10,5							27,8	35,0	34,0			
				8,0		8,2								26,8					
				6,9										26,7					
				7,7										29,2					
				7,6										27,2					
														28,7					
														28,3					
														28,6					
														29,1					
														26,6					
														26,1					
														28,0					
														27,7					
														28,2					
														27,3					
														28,5					
														26,3					
														27,6					
														28,5					

Tabela A.2 - PCI do refugo do embalão e do rejeitado do TMB por campanha.

PCI do Refugo do Embalão (MJ/kg peso húmido)										PCI do Rejeitado do TMB (MJ/kg peso húmido)									
1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C
24,0	30,5	21,2	22,8	29,0	26,4	25,1	14,7	22,3	24,9	12,2	13,0	12,4	11,9	12,6	9,9	10,8	10,3	11,5	11,6
23,9	30,9	20,3	24,8	27,6	25,6	24,0	18,6	22,4	26,6	11,8	12,5	11,9	11,8	12,8	9,8	10,8	10,5	12,0	11,7
22,6	28,7	22,9	24,7	29,2	26,2	24,7	18,8	16,8	25,3	11,5	12,6	11,8	11,5	13,0	9,9	11,0	10,5	11,6	11,7
24,5	28,8	20,7	23,3							11,7	12,5		12,5						
24,3										11,5									
23,0										11,9									
23,7										11,9									

Tabela A.3 - Cinzas do refugo do embalão e do rejeitado do TMB por campanha.

Cinzas do Refugo do Embalão (% peso seco)										Cinzas do Rejeitado do TMB (% peso seco)									
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
10,2	9,1	12,1	7,0	8,9	8,0	10,2	10,6	9,9	14,0	12,5	13,3	11,7	14,3	15,3	15,7	14,6	15,1	12,8	14,1
8,2	10,6	8,0	5,9	10,0	8,3	8,6	9,1	9,5	13,4	12,3	14,4	14,0	14,2	13,7	15,2	14,5	15,0	12,9	15,3
8,5	10,0	12,0	6,1	8,8	8,6	8,4	9,7	10,8	17,2	12,5	15,3	13,1	12,4	13,7	15,1	14,7	15,3	13,1	14,9
13,3	10,1	11,1	4,9	9,5						13,3	12,5	15,1	11,0	15,4					
11,2	11,0	9,3		8,2						13,5	14,4	14,4	9,6	13,7					
10,0	9,1	12,0		8,4						13,4	15,5	15,1	13,1	12,9					
11,1	6,9									12,5	16,7			14,0					
										12,4	12,4			13,5					
														13,1					
														12,9					
														13,3					
														13,2					

Tabela A.4 Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Crómio e Estanho do refugo do embalão por campanha.

Campanha	Alumínio	Bário	Cádmio	Chumbo	Cobalto	Cobre	Crómio	Estanho
C1	3965,4	19,1	0,4	9,5	5,2	22,2	16,1	9,0
	3703,7	6,2	7,2	8,4	5,1	24,9	11,7	8,8
	4115,8	6,4	0,3	7,9	5,8	26,1	11,3	9,8
C2	7456,0	40,2	0,5	16,1	47,3	25,0	90,8	29,1
	9341,2	178,3	0,5	14,3	57,2	43,5	94,1	29,6
	9143,2	198,5	0,5	15,7	73,0	26,3	143,9	29,5
	11379,2	177,6	1,2	9,8	27,4	0,0	95,5	29,1
	8397,4	119,4	0,8	2,0	25,2	0,0	100,7	20,3
C3	3267,6	8,2	0,3	13,2	2,5	33,4	31,3	12,9
	3184,0	19,1	0,3	15,4	2,5	41,7	34,3	14,5
	3288,1	7,8	0,4	13,4	2,9	35,9	33,4	14,1
C4	3297,7	18,8	0,8	306,5	20,8	40,8	75,4	22,7
	3175,4	7,8	0,9	321,2	27,1	31,6	76,1	21,4
C5	7405,8	3,8	0,4	34,6	1,2	43,0	57,9	22,6
	10669,3	5,8	0,3	31,6	1,2	52,4	53,8	21,8
C6	5001,5	8,1	2,7	18,8	8,7	34,6	31,6	22,9
	5349,6	16,1	2,9	20,7	8,3	40,9	96,0	24,4
C7	8799,2	25,6	0,7	30,2	0,9	41,0	15,4	22,3
	10398,0	11,1	0,7	28,4	1,0	40,2	14,9	22,9
C8	5874,2	15,6	0,7	17,7	0,9	42,4	30,3	23,6
	5893,3	9,8	0,6	17,2	0,8	41,4	28,7	25,2
C9	4480,7	6,7	1,1	17,7	0,8	23,5	11,4	18,3
	5401,0	9,3	1,0	23,4	1,1	24,2	119,3	17,7
C10	11136,9	12,9	1,6	139,0	26,2	65,7	39,2	16,6
	6391,9	14,5	2,0	109,9	24,5	57,7	44,5	17,0
Os valores são expressos em ppm peso seco.								

Tabela A.5 Níquel, Potássio, Selênio, Sódio, Antimônio, Vanádio e Zinco do refugo do embalão por campanha.

Campanha	Níquel	Potássio	Selênio	Sódio	Antimônio	Vanádio	Zinco
C1	20,5	895,5		862,9	5,3	1,5	165,6
	7,9	836,0		881,1	6,4	1,4	174,0
	9,0	862,3		850,9	5,8	1,4	160,4
C2	40,0	687,3	3,8	1068,6	18,1	1,3	280,4
	173,6	733,2	3,9	1075,9	17,9	1,2	266,0
	185,6	751,4	3,2	1165,5	16,3	1,4	243,1
	77,7	670,2	4,3	1417,3	72,1	1,4	353,7
	13,3	330,3		958,5	16,2	0,8	149,2
C3	11,9	1235,2		1553,4	9,4	1,0	155,4
	19,3	1220,2		1584,0	11,6	1,4	165,4
	12,5	1185,0		1536,0	12,2	1,1	197,8
C4	20,0	1203,8		2228,1	35,3	0,9	254,0
	7,8	1327,7		2462,7	39,7	0,8	238,8
C5	3,6	1001,6		1934,5	40,0	1,1	278,1
	4,2	1026,5		2149,4	41,4	1,4	252,2
C6	8,3	1186,0		2270,8	12,3	1,1	187,6
	15,7	1130,8		2319,5	12,9	1,4	181,8
C7	24,4	1059,7		1847,6	134,7	1,6	321,0
	7,8	1158,3		2106,9	123,5	1,6	312,4
C8	11,0	2358,6		3827,6	13,5	1,5	1358,6
	4,4	2181,3		3495,4	13,6	1,6	428,6
C9	2,9	1455,0		2094,5	8,6	0,9	261,5
	5,5	1406,7		2045,5	8,3	1,2	234,2
C10	9,6	1556,2		2006,9	12,5	1,7	456,3
	10,0	1546,8		2067,4	11,8	1,6	467,8
Os valores são expressos em ppm peso seco.							

Tabela A.6 Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Crómio e Estanho do rejeitado do TMB por campanha.

Campanha	Alumínio	Bário	Cádmio	Chumbo	Cobalto	Cobre	Crómio	Estanho
C1	4923,9	464,1	3,3	18,2	3,0	902,8	141,7	13,7
	4914,9	101,7	5,7	22,4	1,9	240,2	67,0	13,4
	4627,0	39,5	5,8	17,5	1,6	657,5	47,3	11,6
	3630,7	83,0	2,3	3,3	1,3	350,6	78,5	6,6
	3174,0	103,1	1,5	4,5	0,9	726,6	38,7	5,7
C2	5109,1	15,8	0,8	16,5	9,1	30,0	43,6	6,1
	4295,2	14,7	1,1	16,4	10,0	26,7	63,2	5,8
	6395,7	18,8	1,5	33,8	14,1	35,6	61,7	7,4
C3	3638,5	16,0	0,8	17,4	1,4	1700,1	32,1	7,2
	3682,1	19,5	0,7	17,6	1,2	906,5	32,0	8,3
	3428,4	22,6	2,3	19,6	1,2	2737,5	34,7	7,5
	3318,1	159,3	0,5	14,1	1,5	2492,7	37,6	13,8
	3740,3	175,5	0,5	32,3	1,3	8049,6	36,9	7,0
C4	3648,5	15,0	0,7	23,5	2,3	446,1	65,4	5,7
	3769,9	30,9	0,8	20,7	2,2	41,4	76,4	5,8
	3819,3	32,8	0,8	24,2	2,4	37,2	94,7	6,3
	3722,8	94,7	0,4	5,0	2,3	0,0	62,6	1,7
	2722,1	111,2	0,4	6,9	1,7	583,9	42,1	0,8
C5	4154,4	5,6	0,5	16,2	0,5	40,9	50,8	8,6
	4107,5	13,2	0,7	16,3	0,8	37,6	53,2	9,0
	3709,9	11,5	1,0	15,3	0,7	36,9	41,7	8,6
C6	4523,3	5,1	1,6	16,6	1,2	34,9	37,2	4,6
	4557,4	5,5	0,8	19,6	1,2	32,9	33,4	8,4
C7	4205,2	12,4	0,6	67,3	1,2	531,9	25,3	7,7
	4394,2	11,8	0,8	134,8	1,2	50,4	24,7	8,3
	4939,4	111,8	0,7	24,8	0,7	0,0	29,5	3,9
	5163,4	114,5	0,8	20,0	1,4	371,8	30,2	4,4
C8	3647,2	13,7	0,7	39,1	4,8	43,2	23,8	4,5
	3975,1	10,4	0,8	53,3	5,4	40,1	24,3	4,7
C9	4474,5	8,6	0,3	14,7	0,5	35,1	32,4	7,5
	5625,1	7,9	0,4	11,2	0,6	34,5	33,2	7,6
C10	4597,8	10,2	0,7	47,0	1,9	47,1	47,4	5,0
	4950,7	12,5	5,2	40,7	2,4	48,6	42,3	5,7
Os valores são expressos em ppm peso seco.								

Tabela A.7 Níquel, Potássio, Selênio, Sódio, Antimônio, Vanádio e Zinco do rejeitado do TMB por campanha.

Campanha	Níquel	Potássio	Selênio	Sódio	Antimônio	Vanádio	Zinco
C1	438,9	2881,1		4034,4	13,7	2,7	283,5
	97,3	2918,3		4155,8	12,8	2,6	308,9
	37,0	2754,4		3913,3	12,1	2,5	277,0
	131,5	1450,8		2858,9	127,6	1,4	178,8
	42,6	1293,1		2536,4	43,5	0,0	124,2
C2	15,8	1750,7		2956,3	9,3	1,4	174,6
	13,9	2183,7		3715,7	10,9	1,8	197,5
	17,6	2719,8		4698,7	12,2	2,1	222,5
C3	19,5	3516,9		6892,6	9,8	2,8	185,0
	19,4	3894,7		6704,2	8,2	2,4	176,2
	22,6	3708,0		6363,8	8,3	2,4	184,7
	26,2	1832,1		4673,3	26,5	1,7	90,9
	21,0	1908,3		5224,9	19,7	1,5	86,8
C4	12,7	3481,9		5944,2	8,9	1,8	174,4
	28,7	3348,8		5760,1	11,1	2,0	177,6
	31,5	3632,9		6157,3	11,8	2,3	170,0
	9,5	1453,9		3911,8	12,0	1,2	48,5
	7,2	1422,3		3715,9	11,2	1,2	69,3
C5	4,4	3344,4		4768,0	8,8	1,4	109,1
	10,0	3733,8		5747,4	9,3	1,9	123,7
	10,4	3575,0		5415,7	11,3	1,6	135,9
C6	5,1	3202,7		4997,4	242,2	1,9	164,0
	5,5	3215,5		4913,0	248,3	2,0	151,8
C7	12,6	3424,8		5409,6	13,9	1,7	155,6
	6,8	3746,0		5757,8	8,5	1,7	170,4
	5,1	1571,4		3884,6	9,5	1,4	78,1
	6,8	1659,4		3837,3	10,8	1,4	85,0
C8	10,1	2418,5		4583,3	6,9	1,6	145,1
	6,8	2401,0		4604,3	6,3	1,7	158,4
C9	3,5	3066,2		4577,6	6,0	1,4	156,2
	3,2	3034,0		4491,5	5,0	1,5	172,8
C10	6,5	2585,4		4280,7	8,0	2,2	127,8
	9,2	3010,1		5195,4	8,3	1,9	140,5
Os valores são expressos em ppm peso seco.							

Tabela A.8 Mercúrio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB por campanha e medianas.

	Refugo do embalão				Rejeitado do TMB			
	Concentração (ppm peso seco)	Concentração (ppm peso húmido)	Mediana (ppm peso seco)	Mediana (mg/MJ peso húmido)	Concentração (ppm peso seco)	Concentração (ppm peso húmido)	Mediana (ppm peso seco)	Mediana (mg/MJ peso húmido)
C1	0,03	0,03	0,07	0,003	0,05	0,06	0,11	0,009
C2	0,19	0,20			0,10	0,13		
C3	0,09	0,11			0,05	0,07		
C4	0,06	0,07			0,06	0,07		
C5	0,07	0,08			0,11	0,14		
C6	0,05	0,05			0,08	0,12		
C7	0,08	0,08			0,11	0,15		
C8	0,05	0,05			0,05	0,06		
C9	0,06	0,06			0,15	0,19		
C10	0,09	0,10			0,08	0,10		

ANEXO B – Resultados dos Metais

Neste anexo apresentam-se as características das amostras utilizadas para a extracção dos metais (Tabela B.9 e Tabela B.10) e os valores das concentrações obtidas para os vários metais em estudo, obtidos através da leitura directa das amostras, em fase líquida (Tabelas restantes).

As siglas T1 1C, T2 3C, R1 2C, R2 3C, etc, referem-se ao número de repetições por resíduo efectuadas em cada campanha. As repetições referem-se a determinações efectuadas posteriormente.

Tabela B.9 - Dados auxiliares para o cálculo dos metais, no refugo do embalão.

		Peso da amostra (g peso seco)	Volume de diluição (ml)	Humidade Residual	
				(%)	(g H ₂ O/g)
Repetições	Branco				
	T1 2C	1,020	100,000	1,231	0,012
	T2 2C	1,010	100,000	1,231	0,012
	Branco T 3C				
	T1 1C	1,000	100,000	2,169	0,022
	T2 1C	1,000	100,000	2,169	0,022
	T3 1C	1,000	100,000	2,169	0,022
	T1 2C	1,000	100,000	1,231	0,012
	T2 2C	1,000	100,000	1,231	0,012
	T3 2C	1,010	100,000	1,231	0,012
	T1 3C	1,010	100,000	1,818	0,018
	T2 3C	1,010	100,000	1,818	0,018
	T3 3C	1,010	100,000	1,818	0,018
	Branco 6C				
	T1 4C	1,020	100,000	2,019	0,020
	T2 4C	1,020	100,000	2,019	0,020
	T1 5C	1,010	100,000	2,507	0,025
	T2 5C	1,010	100,000	2,507	0,025
	T1 6C	1,060	100,000	1,025	0,010
	T2 6C	1,050	100,000	1,025	0,010
	T1 7C	1,080	100,000	1,710	0,017
	T2 7C	1,070	100,000	1,710	0,017
	T1 8C	1,040	100,000	2,329	0,023
	T2 8C	1,030	100,000	2,329	0,023
	T1 9C	1,020	100,000	1,824	0,018
	T2 9C	1,050	100,000	1,824	0,018
	T1 10C	1,010	100,000	1,525	0,015
	T2 10C	1,010	100,000	1,525	0,015

Tabela B.10 - Dados auxiliares para o cálculo dos metais, no rejeitado do TMB.

		Peso da amostra (g peso seco)	Volume de diluição (ml)	Humidade Residual	
				(%)	(g H ₂ O/g)
Repetições	Branco				
	R1 1C	1,020	100,000	1,231	0,012
	R2 1C	1,050	100,000	1,231	0,012
	R1 1C	1,000	111,000	4,051	0,041
	R2 1C	1,000	107,000	4,051	0,041
	R3 1C	1,000	100,000	4,051	0,041
	R1 2C	1,000	100,000	3,999	0,040
	R2 2C	1,010	100,000	3,999	0,040
	R3 2C	1,030	110,000	3,999	0,040
	R1 3C	1,000	100,000	2,695	0,027
	R2 3C	1,040	100,000	2,695	0,027
	R3 3C	1,020	100,000	2,695	0,027
Repetições	Branco				
	R1 3C	1,000	100,000	1,231	0,012
	R2 3C	1,010	100,000	1,231	0,012
Repetições	Branco				
	R1 4C	1,030	100,000	1,231	0,012
	R2 4C	1,030	100,000	1,231	0,012
	Branco R 2C				
	R1 4C	1,010	100,000	4,003	0,040
	R2 4C	1,010	100,000	4,003	0,040
	R3 4C	1,020	100,000	4,003	0,040
	R1 5C	1,000	100,000	2,852	0,029
	R2 5C	1,020	100,000	2,852	0,032
	R3 5C	1,020	100,000	2,852	0,029
	R1 6C	1,010	100,000	3,155	0,032
	R2 6C	1,050	100,000	3,155	0,032
Repetições	Branco				
	R1 7C	1,010	100,000	1,231	0,012
	R2 7C	1,010	100,000	1,231	0,012
	Branco 7 C				
	R1 7C	1,010	100,000	3,811	0,038
	R2 7C	1,020	100,000	3,811	0,038
	R1 8C	1,040	100,000	3,811	0,038
	R2 8C	1,030	100,000	3,811	0,038
	R1 9C	1,030	100,000	3,265	0,033
	R2 9C	1,060	100,000	3,265	0,033
	R1 10C	1,020	100,000	5,149	0,051
	R2 10C	1,020	100,000	5,149	0,051

Tabela B.11 - Alumínio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Al (ppm)		Elemento	Al (ppm)
Repetições	Branco	0,232		Branco T 3C	0,323
	R1 1C	36,810		T1 1C	39,117
	R2 1C	33,149		T2 1C	36,557
	Branco R 1C	0,100		T3 1C	40,589
	R1 1C	42,662		T1 2C	73,965
	R2 1C	44,173		T2 2C	92,585
	R3 1C	44,495		T3 2C	91,533
	R1 2C	49,148		T1 3C	32,726
	R2 2C	41,746		T2 3C	31,897
	R3 2C	57,592		T3 3C	32,929
	R1 3C	35,504	Repetições	Branco	0,232
	R2 3C	37,362		T1 2C	114,871
	R3 3C	34,127		T2 2C	84,002
Repetições	Branco	0,232		Branco 6C	0,319
	R1 3C	33,004		T1 4C	33,276
	R2 3C	37,544		T2 4C	32,054
Repetições	Branco	0,232		T1 5C	73,243
	R1 4C	38,105		T2 5C	105,378
	R2 4C	27,924		T1 6C	52,791
	Branco R 2C	0,096		T2 6C	55,914
	R1 4C	35,471		T1 7C	93,725
	R2 4C	36,647		T2 7C	109,675
	R3 4C	37,493		T1 8C	59,988
	R1 5C	40,455		T2 8C	59,606
	R2 5C	40,671		T1 9C	45,188
	R3 5C	36,857		T2 9C	55,995
	R1 6C	44,340		T1 10C	111,086
	R2 6C	46,439		T2 10C	63,892
Repetições	Branco	0,232			
	R1 7C	49,506			
	R2 7C	51,741			
	Branco 7 C	0,019			
	R1 7C	40,873			
	R2 7C	43,131			
	R1 8C	36,504			
	R2 8C	39,402			
	R1 9C	44,601			
	R2 9C	57,698			
	R1 10C	44,501			
	R2 10C	47,916			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.12 - Bário do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Ba (ppm)		Elemento	Ba (ppm)
Repetições	Branco			Branco T 3C	
	R1 1C	0,837		T1 1C	0,187
	R2 1C	1,069		T2 1C	0,061
	Branco R 1C			T3 1C	0,063
	R1 1C	4,012		T1 2C	0,397
	R2 1C	0,912		T2 2C	1,761
	R3 1C	0,379		T3 2C	1,981
	R1 2C	0,151		T1 3C	0,081
	R2 2C	0,143		T2 3C	0,189
	R3 2C	0,169		T3 3C	0,078
	R1 3C	0,156	Repetições	Branco	
	R2 3C	0,198		T1 2C	1,790
	R3 3C	0,224		T2 2C	1,191
Repetições	Branco			Branco 6C	
	R1 3C	1,574		T1 4C	0,188
	R2 3C	1,751		T2 4C	0,078
Repetições	Branco			T1 5C	0,038
	R1 4C	0,963		T2 5C	0,058
	R2 4C	1,131		T1 6C	0,085
	Branco R 2C			T2 6C	0,167
	R1 4C	0,145		T1 7C	0,272
	R2 4C	0,300		T2 7C	0,117
	R3 4C	0,322		T1 8C	0,159
	R1 5C	0,055		T2 8C	0,099
	R2 5C	0,130		T1 9C	0,067
	R3 5C	0,114		T2 9C	0,096
	R1 6C	0,050		T1 10C	0,129
	R2 6C	0,056		T2 10C	0,145
Repetições	Branco				
	R1 7C	1,115			
	R2 7C	1,143			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,120			
	R2 7C	0,116			
	R1 8C	0,137			
	R2 8C	0,103			
	R1 9C	0,086			
	R2 9C	0,081			
	R1 10C	0,098			
	R2 10C	0,121			

Estes valores são determinados em fase líquida.

Tabela B.13 - Cádmio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Cd (ppm)		Elemento	Cd (ppm)
Repetições	Branco			Branco T 3C	
	R1 1C	0,023		T1 1C	0,004
	R2 1C	0,015		T2 1C	0,070
	Branco R 1C			T3 1C	0,003
	R1 1C	0,029		T1 2C	0,005
	R2 1C	0,051		T2 2C	0,005
	R3 1C	0,056		T3 2C	0,005
	R1 2C	0,008		T1 3C	0,003
	R2 2C	0,011		T2 3C	0,003
	R3 2C	0,014		T3 3C	0,004
	R1 3C	0,008	Repetições	Branco	
	R2 3C	0,007		T1 2C	0,012
	R3 3C	0,023		T2 2C	0,008
Repetições	Branco			Branco 6C	
	R1 3C	0,005		T1 4C	0,008
	R2 3C	0,005		T2 4C	0,009
Repetições	Branco			T1 5C	0,004
	R1 4C	0,004		T2 5C	0,003
	R2 4C	0,005		T1 6C	0,028
	Branco R 2C			T2 6C	0,030
	R1 4C	0,007		T1 7C	0,008
	R2 4C	0,008		T2 7C	0,007
	R3 4C	0,008		T1 8C	0,007
	R1 5C	0,005		T2 8C	0,006
	R2 5C	0,007		T1 9C	0,011
	R3 5C	0,010		T2 9C	0,011
	R1 6C	0,016		T1 10C	0,016
	R2 6C	0,008		T2 10C	0,020
Repetições	Branco				
	R1 7C	0,007			
	R2 7C	0,008			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,006			
	R2 7C	0,008			
	R1 8C	0,007			
	R2 8C	0,008			
	R1 9C	0,003			
	R2 9C	0,004			
	R1 10C	0,007			
	R2 10C	0,050			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.14 - Chumbo do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Pb		Elemento	Pb
Repetições	Branco	0,076		Branco T 3C	
	R1 1C	0,109		T1 1C	0,093
	R2 1C	0,123		T2 1C	0,082
	Branco R 1C			T3 1C	0,077
	R1 1C	0,158		T1 2C	0,159
	R2 1C	0,201		T2 2C	0,142
	R3 1C	0,168		T3 2C	0,157
	R1 2C	0,158		T1 3C	0,131
	R2 2C	0,159		T2 3C	0,153
	R3 2C	0,304		T3 3C	0,133
	R1 3C	0,169	Repetições	Branco	0,076
	R2 3C	0,178		T1 2C	0,175
	R3 3C	0,195		T2 2C	0,096
Repetições	Branco	0,076		Branco 6C	
	R1 3C	0,216		T1 4C	3,063
	R2 3C	0,398		T2 4C	3,210
Repetições	Branco	0,076		T1 5C	0,341
	R1 4C	0,128		T2 5C	0,311
	R2 4C	0,146		T1 6C	0,197
	Branco R 2C			T2 6C	0,215
	R1 4C	0,228		T1 7C	0,320
	R2 4C	0,201		T2 7C	0,298
	R3 4C	0,237		T1 8C	0,180
	R1 5C	0,157		T2 8C	0,173
	R2 5C	0,161		T1 9C	0,177
	R3 5C	0,152		T2 9C	0,242
	R1 6C	0,163		T1 10C	1,382
	R2 6C	0,199		T2 10C	1,093
Repetições	Branco	0,076			
	R1 7C	0,324			
	R2 7C	0,276			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,654			
	R2 7C	1,323			
	R1 8C	0,391			
	R2 8C	0,528			
	R1 9C	0,147			
	R2 9C	0,115			
	R1 10C	0,455			
	R2 10C	0,394			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.15 - Cobalto do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Co (ppm)		Elemento	Co (ppm)
Repetições	Branco			Branco T 3C	
	R1 1C	0,013		T1 1C	0,051
	R2 1C	0,009		T2 1C	0,050
	Branco R 1C			T3 1C	0,057
	R1 1C	0,026		T1 2C	0,467
	R2 1C	0,017		T2 2C	0,565
	R3 1C	0,015		T3 2C	0,728
	R1 2C	0,088		T1 3C	0,025
	R2 2C	0,097		T2 3C	0,024
	R3 2C	0,127		T3 3C	0,029
	R1 3C	0,014	Repetições	Branco	
	R2 3C	0,012		T1 2C	0,277
	R3 3C	0,012		T2 2C	0,251
Repetições	Branco			Branco 6C	
	R1 3C	0,015		T1 4C	0,207
	R2 3C	0,013		T2 4C	0,271
Repetições	Branco			T1 5C	0,012
	R1 4C	0,023		T2 5C	0,012
	R2 4C	0,017		T1 6C	0,092
	Branco R 2C			T2 6C	0,086
	R1 4C	0,022		T1 7C	0,010
	R2 4C	0,022		T2 7C	0,010
	R3 4C	0,024		T1 8C	0,009
	R1 5C	0,005		T2 8C	0,008
	R2 5C	0,008		T1 9C	0,008
	R3 5C	0,007		T2 9C	0,011
	R1 6C	0,012		T1 10C	0,260
	R2 6C	0,013		T2 10C	0,244
Repetições	Branco				
	R1 7C	0,007			
	R2 7C	0,014			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,012			
	R2 7C	0,011			
	R1 8C	0,048			
	R2 8C	0,054			
	R1 9C	0,005			
	R2 9C	0,007			
	R1 10C	0,018			
	R2 10C	0,023			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.16 - Cobre do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Cu (ppm)		Elemento	Cu (ppm)
Repetições	Branco	0,910		Branco T 3C	
	R1 1C	4,442		T1 1C	0,217
	R2 1C	8,445		T2 1C	0,244
	Branco R 1C	0,045		T3 1C	0,255
	R1 1C	7,849		T1 2C	0,247
	R2 1C	2,199		T2 2C	0,430
	R3 1C	6,353		T3 2C	0,262
	R1 2C	0,333		T1 3C	0,331
	R2 2C	0,304		T2 3C	0,413
	R3 2C	0,365		T3 3C	0,356
	R1 3C	16,588	Repetições	Branco	0,910
	R2 3C	9,219		T1 2C	0,855
	R3 3C	27,215		T2 2C	0,250
Repetições	Branco	0,910		Branco 6C	
	R1 3C	25,530		T1 4C	0,407
	R2 3C	81,210		T2 4C	0,316
Repetições	Branco	0,910		T1 5C	0,424
	R1 4C	0,346		T2 5C	0,516
	R2 4C	6,850		T1 6C	0,364
	Branco R 2C	0,057		T2 6C	0,425
	R1 4C	4,383		T1 7C	0,436
	R2 4C	0,458		T2 7C	0,423
	R3 4C	0,422		T1 8C	0,430
	R1 5C	0,454		T2 8C	0,417
	R2 5C	0,428		T1 9C	0,236
	R3 5C	0,423		T2 9C	0,250
	R1 6C	0,399		T1 10C	0,653
	R2 6C	0,392		T2 10C	0,574
Repetições	Branco	0,910			
	R1 7C	0,438			
	R2 7C	4,619			
	Branco 7 C				
	R1 7C	5,168			
	R2 7C	0,494			
	R1 8C	0,433			
	R2 8C	0,397			
	R1 9C	0,350			
	R2 9C	0,353			
	R1 10C	0,456			
	R2 10C	0,470			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.17 - Crômio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Cr (ppm)		Elemento	Cr (ppm)
Repetições	Branco			Branco T 3C	
	R1 1C	0,791		T1 1C	0,157
	R2 1C	0,402		T2 1C	0,115
	Branco R 1C			T3 1C	0,111
	R1 1C	1,225		T1 2C	0,897
	R2 1C	0,601		T2 2C	0,929
	R3 1C	0,454		T3 2C	1,436
	R1 2C	0,418		T1 3C	0,310
	R2 2C	0,612		T2 3C	0,340
	R3 2C	0,555		T3 3C	0,331
	R1 3C	0,313	Repetições	Branco	
	R2 3C	0,323		T1 2C	0,962
	R3 3C	0,345		T2 2C	1,004
Repetições	Branco			Branco 6C	0,003
	R1 3C	0,372		T1 4C	0,756
	R2 3C	0,368		T2 4C	0,764
Repetições	Branco			T1 5C	0,573
	R1 4C	0,637		T2 5C	0,532
	R2 4C	0,428		T1 6C	0,335
	Branco R 2C			T2 6C	1,000
	R1 4C	0,634		T1 7C	0,166
	R2 4C	0,741		T2 7C	0,159
	R3 4C	0,927		T1 8C	0,310
	R1 5C	0,493		T2 8C	0,292
	R2 5C	0,526		T1 9C	0,116
	R3 5C	0,414		T2 9C	1,233
	R1 6C	0,364		T1 10C	0,392
	R2 6C	0,340		T2 10C	0,445
Repetições	Branco				
	R1 7C	0,294			
	R2 7C	0,301			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,246			
	R2 7C	0,242			
	R1 8C	0,238			
	R2 8C	0,241			
	R1 9C	0,323			
	R2 9C	0,340			
	R1 10C	0,458			
	R2 10C	0,409			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.18 - Estanho do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Sn (ppm)		Elemento	Sn (ppm)
Repetições	Branco	0,034	Repetições	Branco	0,034
	R1 1C	0,101		T1 2C	0,328
	R2 1C	0,093		T2 2C	0,237
	Branco R 1C			Branco T 3C	
	R1 1C	0,118		T1 1C	0,088
	R2 1C	0,120		T2 1C	0,086
	R3 1C	0,111		T3 1C	0,096
	R1 2C	0,059		T1 2C	0,288
	R2 2C	0,056		T2 2C	0,293
	R3 2C	0,066		T3 2C	0,294
	R1 3C	0,071		T1 3C	0,128
	R2 3C	0,084		T2 3C	0,144
	R3 3C	0,075		T3 3C	0,139
Repetições	Branco	0,034		Branco 6C	
	R1 3C	0,171		T1 4C	0,227
	R2 3C	0,104		T2 4C	0,214
Repetições	Branco	0,034		T1 5C	0,223
	R1 4C	0,052		T2 5C	0,215
	R2 4C	0,043		T1 6C	0,240
	Branco R 2C			T2 6C	0,253
	R1 4C	0,056		T1 7C	0,236
	R2 4C	0,056		T2 7C	0,241
	R3 4C	0,062		T1 8C	0,240
	R1 5C	0,083		T2 8C	0,254
	R2 5C	0,089		T1 9C	0,183
	R3 5C	0,085		T2 9C	0,182
	R1 6C	0,045		T1 10C	0,165
	R2 6C	0,086		T2 10C	0,169
Repetições	Branco	0,034			
	R1 7C	0,073			
	R2 7C	0,079			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,075			
	R2 7C	0,081			
	R1 8C	0,045			
	R2 8C	0,047			
	R1 9C	0,075			
	R2 9C	0,078			
	R1 10C	0,049			
	R2 10C	0,055			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.19 - Níquel do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Ni (ppm)		Elemento	Ni (ppm)
Repetições	Branco	0,050	Repetições	Branco	0,050
	R1 1C	1,376		T1 2C	0,834
	R2 1C	0,492		T2 2C	0,183
	Branco R 1C			Branco T 3C	0,023
	R1 1C	3,794		T1 1C	0,223
	R2 1C	0,873		T2 1C	0,100
	R3 1C	0,355		T3 1C	0,111
	R1 2C	0,151		T1 2C	0,418
	R2 2C	0,135		T2 2C	1,737
	R3 2C	0,158		T3 2C	1,874
	R1 3C	0,190		T1 3C	0,140
	R2 3C	0,197		T2 3C	0,214
	R3 3C	0,225		T3 3C	0,147
Repetições	Branco	0,050		Branco 6C	0,024
	R1 3C	0,309		T1 4C	0,225
	R2 3C	0,260		T2 4C	0,103
Repetições	Branco	0,050		T1 5C	0,060
	R1 4C	0,148		T2 5C	0,066
	R2 4C	0,124		T1 6C	0,111
	Branco R 2C			T2 6C	0,188
	R1 4C	0,124		T1 7C	0,283
	R2 4C	0,278		T2 7C	0,107
	R3 4C	0,308		T1 8C	0,136
	R1 5C	0,043		T2 8C	0,068
	R2 5C	0,099		T1 9C	0,053
	R3 5C	0,103		T2 9C	0,081
	R1 6C	0,050		T1 10C	0,120
	R2 6C	0,056		T2 10C	0,124
Repetições	Branco	0,050			
	R1 7C	0,102			
	R2 7C	0,118			
	Branco 7 C	0,021			
	R1 7C	0,144			
	R2 7C	0,088			
	R1 8C	0,123			
	R2 8C	0,088			
	R1 9C	0,057			
	R2 9C	0,054			
	R1 10C	0,084			
	R2 10C	0,111			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.20 - Potássio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	K (ppm)		Elemento	K (ppm)
Repetições	Branco	6,304	Repetições	Branco	6,304
	R1 1C	20,920		T1 2C	13,056
	R2 1C	19,714		T2 2C	9,598
	Branco R 1C	0,198		Branco T 3C	0,099
	R1 1C	25,102		T1 1C	8,860
	R2 1C	26,367		T2 1C	8,277
	R3 1C	26,627		T3 1C	8,535
	R1 2C	17,005		T1 2C	6,887
	R2 2C	21,372		T2 2C	7,340
	R3 2C	24,647		T3 2C	7,595
	R1 3C	34,419		T1 3C	12,347
	R2 3C	39,611		T2 3C	12,199
	R3 3C	37,000		T3 3C	11,850
Repetições	Branco	6,304		Branco 6C	0,112
	R1 3C	24,399		T1 4C	12,142
	R2 3C	25,341		T2 4C	13,381
Repetições	Branco	6,304		T1 5C	9,975
	R1 4C	21,095		T2 5C	10,220
	R2 4C	20,774		T1 6C	12,555
	Branco R 2C	0,310		T2 6C	11,864
	R1 4C	34,070		T1 7C	11,361
	R2 4C	32,779		T2 7C	12,294
	R3 4C	35,882		T1 8C	24,070
	R1 5C	32,800		T2 8C	22,056
	R2 5C	37,193		T1 9C	14,682
	R3 5C	35,735		T2 9C	14,613
	R1 6C	31,636		T1 10C	15,590
	R2 6C	33,008		T2 10C	15,497
Repetições	Branco	6,304			
	R1 7C	21,980			
	R2 7C	22,858			
	Branco 7 C	0,270			
	R1 7C	33,542			
	R2 7C	37,023			
	R1 8C	24,464			
	R2 8C	24,058			
	R1 9C	30,820			
	R2 9C	31,380			
	R1 10C	25,283			
	R2 10C	29,392			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.21 - Selênio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Se (ppm)		Elemento	Se (ppm)
Repetições	Branco	0,102	Repetições	Branco	0,102
	R1 1C	0,043		T1 2C	0,146
	R2 1C	0,038		T2 2C	0,060
	Branco R 1C			Branco T 3C	
	R1 1C			T1 1C	
	R2 1C			T2 1C	
	R3 1C			T3 1C	
	R1 2C			T1 2C	0,037
	R2 2C			T2 2C	0,038
	R3 2C			T3 2C	0,032
	R1 3C			T1 3C	
	R2 3C			T2 3C	
	R3 3C			T3 3C	
Repetições	Branco	0,102		Branco 6C	
	R1 3C	0,036		T1 4C	
	R2 3C	0,036		T2 4C	
Repetições	Branco	0,102		T1 5C	
	R1 4C	0,038		T2 5C	
	R2 4C	0,036		T1 6C	
	Branco R 2C			T2 6C	
	R1 4C			T1 7C	
	R2 4C			T2 7C	
	R3 4C			T1 8C	
	R1 5C			T2 8C	
	R2 5C			T1 9C	
	R3 5C			T2 9C	
	R1 6C			T1 10C	
	R2 6C			T2 10C	
Repetições	Branco	0,102			
	R1 7C	0,043			
	R2 7C	0,045			
	Branco 7 C				
	R1 7C				
	R2 7C				
	R1 8C				
	R2 8C				
	R1 9C				
	R2 9C				
	R1 10C				
	R2 10C				
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.22 - Sódio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Na (ppm)		Elemento	Na (ppm)
Repetições	Branco	6,582	Repetições	Branco	6,582
	R1 1C	35,383		T1 2C	20,860
	R2 1C	32,886		T2 2C	16,144
	Branco R 1C	0,099		Branco T 3C	0,115
	R1 1C	34,973		T1 1C	8,557
	R2 1C	37,365		T2 1C	8,735
	R3 1C	37,647		T3 1C	8,439
	R1 2C	28,480		T1 2C	10,669
	R2 2C	36,127		T2 2C	10,741
	R3 2C	42,337		T3 2C	11,741
	R1 3C	67,168		T1 3C	15,519
	R2 3C	67,944		T2 3C	15,823
	R3 3C	63,261		T3 3C	15,346
Repetições	Branco	6,582		Branco 6C	0,136
	R1 3C	52,739		T1 4C	22,404
	R2 3C	58,704		T2 4C	24,749
Repetições	Branco	6,582		T1 5C	19,185
	R1 4C	46,377		T2 5C	21,301
	R2 4C	44,384		T1 6C	23,960
	Branco R 2C	0,109		T2 6C	24,241
	R1 4C	57,742		T1 7C	19,749
	R2 4C	55,958		T2 7C	22,295
	R3 4C	60,400		T1 8C	39,017
	R1 5C	46,429		T2 8C	35,301
	R2 5C	56,883		T1 9C	21,110
	R3 5C	53,774		T2 9C	21,223
	R1 6C	48,991		T1 10C	20,096
	R2 6C	50,069		T2 10C	20,699
Repetições	Branco	6,582			
	R1 7C	45,333			
	R2 7C	44,861			
	Branco 7 C	0,092			
	R1 7C	52,647			
	R2 7C	56,584			
	R1 8C	45,942			
	R2 8C	45,710			
	R1 9C	45,702			
	R2 9C	46,148			
	R1 10C	41,507			
	R2 10C	50,357			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.23 - Antimónio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Sb (ppm)		Elemento	Sb (ppm)
Repetições	Branco		Repetições	Branco	
	R1 1C	1,285		T1 2C	0,726
	R2 1C	0,452		T2 2C	0,161
	Branco R 1C			Branco T 3C	
	R1 1C	0,118		T1 1C	0,052
	R2 1C	0,115		T2 1C	0,063
	R3 1C	0,116		T3 1C	0,057
	R1 2C	0,089		T1 2C	0,179
	R2 2C	0,106		T2 2C	0,177
	R3 2C	0,110		T3 2C	0,163
	R1 3C	0,095		T1 3C	0,093
	R2 3C	0,083		T2 3C	0,115
	R3 3C	0,083		T3 3C	0,121
Repetições	Branco			Branco 6C	
	R1 3C	0,262		T1 4C	0,353
	R2 3C	0,196		T2 4C	0,396
Repetições	Branco			T1 5C	0,394
	R1 4C	0,122		T2 5C	0,407
	R2 4C	0,114		T1 6C	0,129
	Branco R 2C			T2 6C	0,134
	R1 4C	0,086		T1 7C	1,430
	R2 4C	0,107		T2 7C	1,299
	R3 4C	0,115		T1 8C	0,138
	R1 5C	0,086		T2 8C	0,137
	R2 5C	0,092		T1 9C	0,086
	R3 5C	0,112		T2 9C	0,086
	R1 6C	2,369		T1 10C	0,124
	R2 6C	2,524		T2 10C	0,117
Repetições	Branco				
	R1 7C	0,094			
	R2 7C	0,108			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,135			
	R2 7C	0,083			
	R1 8C	0,069			
	R2 8C	0,063			
	R1 9C	0,060			
	R2 9C	0,051			
	R1 10C	0,078			
	R2 10C	0,081			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.24 - Vanádio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	V (ppm)		Elemento	V (ppm)
Repetições	Branco		Repetições	Branco	
	R1 1C	0,015		T1 2C	0,015
	R2 1C			T2 2C	0,008
	Branco R 1C			Branco T 3C	
	R1 1C	0,023		T1 1C	0,014
	R2 1C	0,024		T2 1C	0,014
	R3 1C	0,024		T3 1C	0,014
	R1 2C	0,014		T1 2C	0,013
	R2 2C	0,018		T2 2C	0,012
	R3 2C	0,019		T3 2C	0,014
	R1 3C	0,027		T1 3C	0,010
	R2 3C	0,025		T2 3C	0,014
	R3 3C	0,024		T3 3C	0,011
Repetições	Branco			Branco 6C	
	R1 3C	0,017		T1 4C	0,009
	R2 3C	0,015		T2 4C	0,008
Repetições	Branco			T1 5C	0,011
	R1 4C	0,012		T2 5C	0,014
	R2 4C	0,013		T1 6C	0,011
	Branco R 2C			T2 6C	0,014
	R1 4C	0,018		T1 7C	0,017
	R2 4C	0,019		T2 7C	0,017
	R3 4C	0,022		T1 8C	0,015
	R1 5C	0,013		T2 8C	0,016
	R2 5C	0,019		T1 9C	0,010
	R3 5C	0,016		T2 9C	0,012
	R1 6C	0,019		T1 10C	0,017
	R2 6C	0,020		T2 10C	0,016
Repetições	Branco				
	R1 7C	0,014			
	R2 7C	0,014			
	Branco 7 C				
	R1 7C	0,017			
	R2 7C	0,017			
	R1 8C	0,016			
	R2 8C	0,017			
	R1 9C	0,014			
	R2 9C	0,015			
	R1 10C	0,021			
	R2 10C	0,019			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.25 - Zinco do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB			Refugo do Embalão		
	Elemento	Zn (ppm)		Elemento	Zn (ppm)
Repetições	Branco	0,942	Repetições	Branco	0,942
	R1 1C	2,743		T1 2C	4,505
	R2 1C	2,230		T2 2C	2,430
	Branco R 1C	0,125		Branco T 3C	0,096
	R1 1C	2,576		T1 1C	1,716
	R2 1C	2,895		T2 1C	1,798
	R3 1C	2,783		T3 1C	1,665
	R1 2C	1,802		T1 2C	2,865
	R2 2C	2,040		T2 2C	2,723
	R3 2C	2,125		T3 2C	2,520
	R1 3C	1,925		T1 3C	1,637
	R2 3C	1,908		T2 3C	1,736
	R3 3C	1,958		T3 3C	2,058
Repetições	Branco	0,942		Branco 6C	0,145
	R1 3C	1,840		T1 4C	2,683
	R2 3C	1,808		T2 4C	2,531
Repetições	Branco	0,942		T1 5C	2,883
	R1 4C	1,436		T2 5C	2,628
	R2 4C	1,647		T1 6C	2,113
	Branco R 2C	0,160		T2 6C	2,034
	R1 4C	1,850		T1 7C	3,552
	R2 4C	1,881		T2 7C	3,431
	R3 4C	1,824		T1 8C	13,946
	R1 5C	1,220		T2 8C	4,456
	R2 5C	1,381		T1 9C	2,764
	R3 5C	1,506		T2 9C	2,560
	R1 6C	1,764		T1 10C	4,683
	R2 6C	1,703		T2 10C	4,797
Repetições	Branco	0,942			
	R1 7C	1,722			
	R2 7C	1,790			
	Branco 7 C	0,228			
	R1 7C	1,739			
	R2 7C	1,899			
	R1 8C	1,680			
	R2 8C	1,797			
	R1 9C	1,785			
	R2 9C	1,999			
	R1 10C	1,465			
	R2 10C	1,587			
Estes valores são determinados em fase líquida.					

Tabela B.26 - Mercúrio do refugo do embalão e do rejeitado do TMB.

Rejeitado do TMB		Refugo do Embalão	
Elemento	Hg (ug/g)	Elemento	Hg (ug/g)
T1C	0,0295	R1C	0,0485
T 2C	0,200	R2C	0,100
T 3C	0,096	R3C	0,054
T 4C	0,065	R4C	0,057
T5C	0,072	R5C	0,110
T6C	0,049	R6C	0,086
T 7C	0,077	R7C	0,110
T 8C	0,051	R8C	0,046
T9C	0,057	R9C	0,150
T10C	0,092	R10C	0,086
Estes valores são determinados em fase sólida.			